

## METHOD AND DEVICE FOR EXTRACTING CONTOUR

**Patent number:** JP2001092980  
**Publication date:** 2001-04-06  
**Inventor:** KIYUNA ASAHIROU  
**Applicant:** NEC CORP  
**Classification:**  
 - International: G06T9/20; A61B5/055; A61B6/03; H04N7/18  
 - European:  
**Application number:** JP19990269660 19990924  
**Priority number(s):**

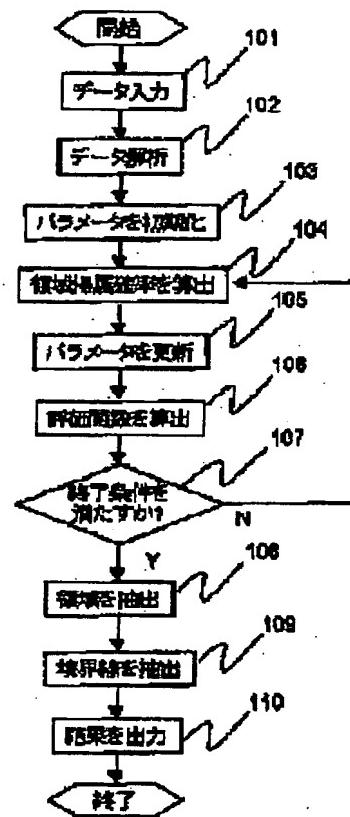
Also published as:

US6788816 (B1)  
 CA2320375 (A1)

### Abstract of JP2001092980

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method and a device for automatically extracting a contour without especially designating the threshold value of area separation in the case of contour extraction for separating respective points into plural areas, to which these points belong, and extracting the boundary between the areas as a contour on the basis of attributes at the respective points of an image with respect to image data containing the image of an object to become the target of contour extraction.

**SOLUTION:** The expected value of an area assignment probability for each point of the image to belong to each of areas is calculated (step 104), an area parameter is updated (step 105), an evaluation function is calculated on the basis of a mixed probability distribution obtained from the area assignment probability and the area parameter (step 106), respective areas are separated on the basis of the area assignment probability (step 108) and the contour is extracted on the basis of the separated areas.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-92980

(P2001-92980A)

(43) 公開日 平成13年4月6日(2001.4)

(51) Int.Cl'	識別記号	F I	マークド(参考)
G 06 T 9/20		A 61 B 6/03	3 6 0 J 4 C 0 9 3
A 61 B 5/055		H 04 N 7/18	B 4 C 0 9 6
6/03	3 6 0		K 5 C 0 5 4
H 04 N 7/18			L 5 L 0 9 6
		G 06 F 15/70	3 8 5 Z
	審査請求 有 請求項の数19 OL (全 14 頁)		最終頁に)

(21) 出願番号 特願平11-269860

(22) 出願日 平成11年9月24日(1999.9.24)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 喜友名 朝春

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気  
株式会社内

(74) 代理人 100030816

弁理士 加藤 朝道

Fターム(参考) 4C093 CA29 FF16

4C098 AB27 AC01 AD14 DC19

5C054 AA01 AA06 CC01 EA05 ED17

FC04 HA12

5L096 BA13 CA18 EA02 FA06 FA39

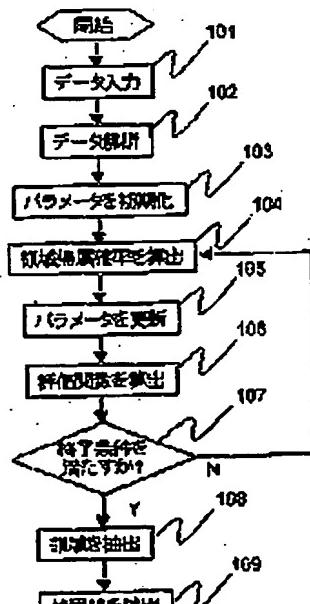
FA46 GA26

(54) 【発明の名称】 輪郭抽出方法及び装置

## (57) 【要約】

【課題】輪郭抽出の対象となる物体の像を含む画像データに対し、画像の各点が持つ属性に基づいて、各点をその点が属する複数の領域に分離し、領域間の境界を輪郭として抽出する輪郭抽出において、領域分離の閾値を陽に指定することなく、自動的に抽出する方法及び装置の提供。

【解決手段】画像の各点が領域の各々に属する領域帰属確率の期待値を算出し(ステップ104)、領域パラメータを更新し(ステップ105)、領域帰属確率と領域パラメータから求められる混合確率分布に基づいて評価関数算出し(ステップ106)、領域帰属確率に基づいて各領域を分離し(ステップ108)、分離された領域に基づいて輪郭を抽出する。



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(2)

特開2001-929

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】輪郭抽出の対象となる物体の像を含む画像データに対して、前記画像の各点が持つ属性に基づいて、前記画像の各点が属する領域を分離し前記領域間の境界を輪郭として抽出する輪郭抽出方法であって、

(a) 前記画像の各点が持つ属性の混合確率分布を規定するパラメータを初期化する第1の工程と、

(b) 前記画像の各点が前記領域の各自に属する領域帰属確率を算出する第2の工程と、

(c) 前記混合確率分布が増加するように前記パラメータを更新する第3の工程と、

(d) 前記更新されたパラメータによって規定される前記混合確率分布から推定の良さの尺度となる評価関数を算出する第4の工程と、

(e) 前記領域帰属確率の値に基づいて、前記画像の各点が属する各領域を分離する第5の工程と、

(f) 前記分離された領域間の境界を抽出する第6の工程と、

(g) 前記領域帰属確率に基づいて、前記画像の各点が、求められた領域の領域内点であるか領域外点であるかを判定する第7の工程と、  
を含む、ことを特徴とする輪郭抽出方法。

【請求項2】予め定められた所定の条件が満たされるまで、前記第2、第3、呼び第4の工程を繰り返して行う、ことを特徴とする請求項1記載の輪郭抽出方法。

【請求項3】前記画像の各点が属する各領域を分離する第5の工程において、

(e-1) 一つの領域内点を求め、これを領域内点集合の初期集合とし、

(e-2) 前記領域内点集合に属する点の近傍点を取得し、前記近傍点を境界候補集合の初期集合とし、

(e-3) 前記境界候補集合の各点から領域内点集合に属する点を選択して領域内点集合へ追加し、

(e-4) 前記領域内点集合へ新たに追加される点がなくなった時点で、前記第6の工程へ前記領域内点集合を送り、

(e-5) 前記領域内点集合を選択する際に、前記境界候補集合に属する各点に対して、その近傍点を取得し、前記近傍点全てが領域内点であれば、前記境界候補集合に属する点を領域内点集合に追加し、

(e-6) 前記近傍点の中に少なくとも一つの領域外点が含まれていれば、該境界候補集合に属する点を境界点集合へ追加し、

(e-8) 前記近傍点に属する領域内点のうち、領域内点集合に追加されていない領域内点を、前記境界候補集合へ追加する、

(f-2) 前記順序づけられた境界点集合に属する各点間点を追加し、

(f-3) 前記中間点が境界点となるまで移動させ、新中間点を追加できなくなるまで繰り返し、

(f-4) 前記中間点の移動において、該中間点がすでに界点であれば順序づけられた境界点集合へ追加し、該中間点が領域内点であれば領域外部方向へ中間点をもし、該中間点が領域外点であれば領域内部で移動する、

ことを特徴とする請求項2又は3記載の輪郭抽出方法。

【請求項5】前記画像を粗視化する第8の工程と、前記粗視化された画像を細分化する第9の工程と、所定の領域に属する確率が小さな点を削除する第10の工程と、

をさらに有することを特徴とする請求項2乃至4のいずれか一に記載の輪郭抽出方法。

【請求項6】前記評価関数として、前記混合確率を

使用することを特徴とする請求項1及至5のいずれか一に記載の輪郭抽出方法。

【請求項7】前記評価関数として、前記混合確率を前記パラメータの数から算出されるストラクチャリスク(Structural Risk)を用いることを特徴とする請求項1及至5のいずれか一に記載の輪郭抽出方法。

【請求項8】前記評価関数として、前記混合確率を前記パラメータの数から算出される記述長を用いてを特徴とする請求項1及至5のいずれか一に記載の輪郭抽出方法。

【請求項9】前記評価関数として、前記混合確率を前記パラメータの数から算出される赤池の情報量

30 (AIC) を用いることを特徴とする、請求項1のいずれか一に記載の輪郭抽出方法。

【請求項10】輪郭抽出の対象となる物体の像を

像データに対して、前記画像の各点が持つ属性にて、前記各点が属する領域を分離し、前記領域間の

を輪郭として抽出する輪郭抽出装置であって、前記画像の各点が持つ属性の混合確率分布を規定するパラメータを初期化する第1の手段と、

前記画像の各点が前記領域の各自に属する領域帰属の期待値を算出する第2の手段と、

40 前記混合確率分布が増加するように前記パラメータを更新する第3の手段と、

前記更新されたパラメータによって規定される前記確率分布から、推定の良さの尺度となる評価関数を算出する第4の手段と、

前記領域帰属確率の値に基づいて各領域を分離する手段と、分離された前記領域間の境界を抽出する手段と、

(3)

特開2001-929

3

【請求項11】前記画像を粗視化する第8の手段と、前記粗視化された画像を細分化する第9の手段と、所定の領域に属する確率が小さな点を削除する第10の手段と、  
を有することを特徴とする請求項10記載の輪郭抽出装置。

【請求項12】輪郭抽出の対象となる物体の像を含む画像データを入力手段から入力し、前記画像の各点が持つ属性に基づいて、前記画像の各点が各領域に属する確率である領域帰属確率を算出し、該領域帰属確率を用いて前記画像各点が属する領域を分離し、前記領域間の境界を輪郭として抽出する、ことを特徴とする領域輪郭抽出方法。

【請求項13】(a) 入力手段から入力された、輪郭抽出の対象となる物体の像を含む、画像データに対して、画像の各点が持つ属性に基づいて、画像の各点が領域のそれぞれに属する領域帰属確率の期待値を算出するステップと、

(b) 画像の各点が持つ属性の混合確率分布を規定するパラメータを更新するステップと、

(c) 前記領域帰属確率と前記パラメータとから求められる混合確率分布に基づいて評価関数を算出するステップと、

(d) 前記評価関数が所定の条件を満たす場合に、前記領域帰属確率に基づいて各領域を分離し、該分離された領域に基づいて輪郭を抽出するステップと、  
を含む、ことを特徴とする領域輪郭抽出方法。

【請求項14】入力装置から入力された画像データの特性を解析し、画像の各領域を特徴付ける領域パラメータの初期値を定めるデータ解析装置と、

画像の各点の値に基づいて、画像の各点がそれぞれの領域に属する確率（「領域帰属確率」という）を算出する領域帰属確率算出装置と、

用いる評価関数に応じて評価関数の値が増大するか、もしくは減少するように前記領域パラメータを更新するパラメータ更新装置と、

更新された領域パラメータから評価関数を算出する評価関数算出装置と、

前記評価関数が予め定められた所定の終了条件を満たす場合、推定された領域帰属確率に基づき、画像の各点がどの領域に属するかを決定する領域分離装置と、

各領域の境界となる画像の点について、指定された点が、指定された領域に属しているかどうかを判定する領域帰属判定装置と、

抽出された領域から順序の付いた輪郭線を生成する境界抽出装置と、

4

された前回の評価関数の値との差が予め定められた値以上の場合、前記領域帰属確率算出装置において新しい領域パラメータを用いて領域帰属確率を再び算出し、前記パラメータ更新装置での領域パラメータの新、前記評価関数算出装置での評価関数の算出を10前記差が前記所定値よりも小の場合、前記画像の各点の各領域での確率の加重平均をとった混合確率分布を最大にする領域パラメータおよび領域帰属確率が求められ、前記評価関数算出装置は、前記混合確率分布最大化が完了した後、得られた領域帰属確率及び領域パラメータを前記領域分離装置に送る、ことを特徴とする請求項14記載の輪郭抽出装置。

【請求項16】前記領域分離装置が、最初の領域内点を求め、前記領域内点の近傍点を取得し、前記近傍点を最初の境界候補点集合とする手順と、前記境界候補点の近傍点を取得する手段と、前記近傍点のすべての点が領域内点である場合、当該候補点を領域内点集合Rに追加し、一方、前記近傍点のすべての点が領域内点でない場合、前記境界候補点集合に追加する手段と、前記境界候補点の近傍点に属する領域内点のうち当該点集合に登録されていない領域内点を前記境界候補点集合に追加する手段と、を備え、

前記境界候補点集合への追加があった場合、前記候補点の近傍点を取得する手段から処理を繰り返す、を特徴とする請求項14記載の輪郭抽出装置。

【請求項17】前記境界抽出装置が、前記境界点集合のなかから所定個数の点を選び、30順序付けられた境界点集合の初期集合とする手段と、前記順序付けられた境界点集合に属する各境界点の中間点を追加する手段と、

前記新しく追加された各中間点について該中間点が点であるかどうか調べる手段と、

前記中間点が境界点であれば、前記順序づけられた点集合に属する点として採用し、全ての中間点が点として定まった時点でに新たな中間点が追加できかどうかを調べ、追加可能であれば、前記中間点を追加手段の処理を行い、追加可能でない場合には、輪郭の結果である、順序付けられた境界点集合を出力する手段と、

前記中間点が境界点ではない場合には、領域内点であるかどうかを調べ、領域内点である場合外部方向へ向けて中間点を移動し、一方、領域内点でなければ内部方向へ向けて中間点を移動させる手段と、領域内部方向または外部方向へ中間点を移動した後

(4)

特開2001-929

5

を粗視化して前記データ解析装置に出力するデータ粗視化装置を備え。

前記評価閾数算出装置で算出された評価閾数が所定の終了条件を満たす場合において、細分化が可能である場合、領域帰属確率に基づき外部領域部分を削除し、削除後に残った画像の点を細分化し、前記データ解析装置に送るデータ細分化装置を備えたことを特徴とする請求項14記載の輪郭抽出装置。

【請求項19】(a) 入力装置から入力された画像データからその特性を解析し、画像の各領域を特徴付ける領域パラメータの初期値を定めるデータ解析処理と、

(b) 画像の各点の値に基づいて、画像の各点が各自の領域に属する確率(「領域帰属確率」という)を算出する領域帰属確率算出処理と、

(c) 用いる評価閾数に応じて評価閾数の値が増大するか、もしくは減少するように前記領域パラメータを更新するパラメータ更新処理と、

(d) 更新された領域パラメータから評価閾数を算出する評価閾数算出処理と、

(e) 前記評価閾数が所定の終了条件を満たす場合、推定された領域帰属確率に基づき、画像の各点がどの領域に属するかを決定する領域分離処理と、

(f) 各領域の境界となる画像の点について、指定された点が、指定された領域に属しているかどうかを判定する領域帰属判定処理と、

(g) 抽出された領域から、順序の付いた輪郭線を生成する境界抽出処理と、の上記(a)乃至(g)の各処理をコンピュータで実行するためのプログラムを記録した記録媒体。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像処理方法及び装置に関し、特に、輪郭抽出の対象となる物体の像を含む画像データに対して画像の各点が持つ属性に基づいて、対象となる物体の輪郭を抽出する方法装置並びに記録媒体に関する。

【0002】後の説明で明らかとされるように、本発明は、MR I装置やCTスキャン装置などで撮影された画像データから、特定の臓器や腫瘍などの領域を抽出する装置に適用して好適とされる輪郭抽出方法及び装置に関する。

##### 【0003】

【従来の技術】従来、所与の画像から、特定の物体の像を抽出するための方法として、例えば特開平9-29936号公報(「刊行物1」という)には、超音波診断装置、あるいはMR I画像からの臓器の断層像を表す回

輪郭内の面積を表す時系列データと、その時系列データを平滑化した平滑化データとの差分が所定の閾値を越えた場合に、輪郭抽出のための閾値を変更して輪郭抽出をやり直すようにした輪郭抽出装置が提案されている。

【0004】上記刊行物1に記載された装置においては、画像データに対し、所定の第1の閾値を用いて、画像各点の値が閾値を越えるかどうかという判定基準により、領域の内部点があるいは外部点かを決定し、次に、

刻毎の画像から、上の方法で決定された領域の面積あるいは体積を求め、領域の面積、あるいは体積の時系列データを平滑化し、平滑する前のデータと平滑後のデータとの差分が第2の閾値を超えるかどうかを判断する。

【0005】この差分が第2の閾値を超えたと判断した場合に、第1の閾値の値を変更して最初に行なった抽出をやり直す。

##### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記刊行物1に記載されている従来の輪郭抽出技術においては、以下に示すような問題点がある。

【0007】第1の問題点として、上記刊行物1に記載された装置では、領域を抽出するために、2つの閾値を用いているが、これらの閾値を決定するための具体的な方法が示されていない。領域抽出の対象となるデータが変わることで試行錯誤的な方法で決定されなければならない。

【0008】ところが、例えばMR I画像であれば、該画像が人体のどの部位を撮影したものかに依存し、切な閾値は変化するため、不適切な閾値を用いたまま所望していない臓器の輪郭を誤って抽出してしまうことになる、という問題がある。

【0009】また第2の問題点として、画像データを用いる必要があるため、一枚の領域の像を求めるために、膨大なデータを必要とする、ことである。

【0010】さらに第3の問題点として、上記刊行物1に記載される装置においては、平滑化の前後におけるデータの差分を計算し、差分が第2の閾値を超えたときは第1の閾値の値を変更して再度同じ手続きを繰り返す必要があり、膨大な計算時間を必要とする、といふである。

【0011】したがって、本発明は上述した問題点をみてなされたものであって、その目的は、上記従来のように、閾値を陽に設定することを不要とし、かつ高精度に輪郭を抽出する輪郭抽出方法及び装置をすることにある。

##### 【0012】

(5)

特開2001-929

7

確率である領域帰属確率を用いて、前記各点が属する領域を分離し、前記領域間の境界を輪郭として抽出するものである。

【0013】より詳細には、本発明は、前記画像各点が持つ属性の、混合確率分布を規定するパラメータを初期化する第1の工程と、前記画像の各点が前記領域の各々に属する領域帰属確率を算出する第2の工程と、前記混合確率分布が増加するように前記パラメータを更新する第3の工程と、前記更新されたパラメータによって規定される前記混合確率分布から、推定の良さの尺度となる評価関数を算出する第4の工程と、前記領域帰属確率の値に基づいて各領域を分離する第5の工程と、分離された前記領域間の境界を抽出する第6の工程と、前記領域帰属確率に基づいて、画像各点が領域内点か領域外点かを判定する第7の工程とを有することを特徴とする。

【0014】本発明の輪郭抽出方法は、所定の条件が満たされるまで、前記第2、第3および第4の工程を繰り返して行うことを特徴とする。

【0015】本発明の輪郭抽出方法は、前記画像を各領域に分離する第1の工程において、領域内点ひとつを求める、これを領域内点集合の初期集合とし、前記領域内点集合に属する点の近傍点を取得し、前記近傍点を境界候補集合の初期集合とし、前記境界候補集合の各点から、領域内点集合に属する点を選択して領域内点集合へ追加し、前記領域内点集合へ新規に追加される点が無くなったら時点で、第6の工程へ領域内点集合を送る輪郭抽出方法であり、前記領域内点集合を選択する際に、境界候補集合に属する各点に対し、その近傍点を取得し、近傍点全てが領域内点であれば、該境界候補集合に属する点を領域内点集合に追加し、前記近傍点の中にひとつ以上の領域外点が含まれていれば、該境界候補集合に属する点を境界点集合へ追加し、前記近傍点に属する領域内点のうち、領域内点集合に追加されていない領域内点を、前記境界候補集合へ追加することを特徴とする。

【0016】本発明の輪郭抽出方法は、前記領域間の境界を抽出する第6の工程において、順序づけられた境界点集合の初期値を設定し、前記順序づけられた境界点集合に属する各点の中間点を追加し、中間点が境界点となるまで移動させ、新規中間点を追加できなくなるまで繰り返すことを特徴とし、前記中間点の移動において、該中間点がすでに境界点であれば順序づけられた境界点集合へ追加し、該中間点が領域内点であれば領域外部方向へ中間点を移動し、該中間点が領域外点であれば領域内部で移動させることを特徴とする。

【0017】本発明の輪郭抽出方法は、前記画像を粗視化する第8の工程と、前記粗視化された画像を細分化す

8

【0019】本発明の輪郭抽出方法は、前記評価値として、前記混合確率分布と前記パラメータの数からされるストラクチュラル・リスク(Structural Risk)を用いることを特徴とする。

【0020】本発明の輪郭抽出方法は、前記評価値として、前記混合確率分布と前記パラメータの数からされる記述長を用いることを特徴とする。

【0021】本発明の輪郭抽出方法は、前記評価値として、前記混合確率分布と前記パラメータの数からされる赤池の情報量基準(AIC)を用いることを特徴とする。

【0022】本発明の輪郭抽出装置は、輪郭抽出となる物体の像を含む画像データに対し、前記画像各点が持つ属性に基づいて、前記各点をその点が属する数の領域に分類し、前記領域間の境界を輪郭としてする輪郭抽出装置であって、前記画像各点が持つ混合確率分布を規定するパラメータを初期化する手段と、前記画像の各点が前記領域の各々に属する帰属確率の期待値を算出する第2の手段と、前記確率分布が増加するように前記パラメータを更新する手段と、前記更新されたパラメータによって規定される前記混合確率分布から、推定の良さの尺度となる評価関数を算出する第4の手段と、前記領域帰属確率に基づいて各領域を分離する第5の手段と、分離された前記領域間の境界を抽出する第6の手段と、前記領域帰属確率に基づいて、画像各点が領域内点か領域外点かを判定する第7の手段と、を有することを特徴とする。

【0023】本発明の輪郭抽出装置は、前記画像を粗視化する第8の手段と、前記粗視化された画像を細分化する第9の手段と、所定の領域に属する確率が小さく削除する第10の手段と、を有することを特徴とする。

【0024】  
【発明の実施の形態】本発明の実施の形態について述べる。本発明の輪郭抽出方法は、輪郭抽出の対象となる物体の像を含む画像データに対し、前記画像の各点が持つ属性に基づいて、画像各点が各領域に属する確率である領域帰属確率を用いて、前記各点が属する領域を分離し、前記領域間の境界を輪郭として抽出するものである。

【0025】本発明は、輪郭抽出の対象となる物体の像を含む画像データに対して、前記画像の各点が持つ属性に基づいて、前記各点が属する領域を分離し、前記領域間の境界を輪郭として抽出する輪郭抽出装置であって、前記画像の各点が持つ属性の混合確率分布を規定するパラメータを初期化する第1の手段と、前記画像の各点が持つ属性の混合確率分布を算出する第2の手段と、前記領域の各々に属する領域帰属確率の期待値を算出する第3の手段と、前記領域間の境界を輪郭として抽出する手段と、前記粗視化された画像を細分化する手段と、所定の領域に属する確率が小さく削除する手段と、を有することを特徴とする。

(6)

特開2001-929

10

9

と、前記領域帰属確率の値に基づいて各領域を分離する第5の手段と、分離された前記領域間の境界を抽出する第6の手段と、前記領域帰属確率に基づいて、画像各点が領域内点か領域外点かを判定する第7の手段と、を備えている。

【0026】本発明においては、画像の各点の値に基づいて、各点が与えられた領域に属する確率を算出し、求められた確率分布を用いて輪郭抽出を行う。

【0027】以下では、本発明を、人体頭部のMR・画像から、脳、頭皮、頭部以外の3つの領域に分類する方法に適用した場合を例に、本発明の原理・作用について説明する。

【0028】また、以下では、「輪郭抽出」の代わりに、「領域抽出」という用語を用いる場合もあるが、領域が抽出できれば、輪郭は抽出された領域の境界に線を引けば得られるので、同義語と考えて差し支えない。

【0029】まず、画像が $i$ 番目の領域に属するとき、画像上 $j$ 番目の点（以下、画像上の点を「ピクセル」（画素）という）の輝度の値が $y_j$ である確率を、

$$f(y_j | \theta_i)$$

で表す。ここで、 $\theta_i$ は $i$ 番目の領域の属性を示すパラメータであり、領域の属性としては、例えば、該領域に属するピクセル値の平均値、分散などを用いる。

【0030】しかしながら、領域の抽出が行われる前は、当然のことながら各領域の平均や分散を定義することはできない。

【0031】本発明においては、与えられた画像のピクセル値を説明する確率分布として、各領域の確率の加重平均をとった混合確率分布を用いる。

【0032】画像は、全部で $n$ 個のピクセルを持つとして、全ピクセル値

$$Y^* = \{y_1, \dots, y_n\}$$

が与えられたときの混合確率分布 $P(\theta | Y^*)$ は、次式 \*

$$L(\theta | Y^*) = L(\theta, Y^* | Z) - L(Z | \theta, Y^*) + \log[P(Z) / P(Y^*)] \quad \cdots (3)$$

【0043】ここで、 $P(Z)$ 、 $P(Y^*)$ は、それぞれ $Z$ 、 $Y^*$ の事前分布と呼ばれるものであるが、この置き方は $\theta$ を含まない。混合対数尤度の最大化とは無関係であるため、以下では定数とみなして無視する。

【0044】いま、 $\theta$ の初期値を $\theta_0$ とし、両辺に $-E$  \*

$$Q(\theta, \theta_0) = E[\theta] L(\theta_0, Y^* | Z) = [Z | Y^*] P(Z | \theta_0, Y^*) L(\theta_0, Y^* | Z) \quad \cdots (4)$$

は、 $L(\theta_0, Y^* | Z)$ の期待値である。

$$H(\theta, \theta_0) = -E[\theta] L(\theta_0, Y^* | Z) = -[Z | Y^*] P(Z | \theta_0, Y^*) L(\theta_0, Y^* | Z) \quad \cdots (6)$$

は $L(\theta_0, Y^* | Z)$ の期待値である。

【0048】この $H(\theta, \theta_0)$ は、常に、  
 $H(\theta_0, \theta_0) \leq H(\theta, \theta_0)$   
 となることが容易に示すことができる。

\* (1) で与えられる。

【0033】

$$P(\theta | Y^*) = \sum_i \sum_j w_i f(y_j | \theta_i) \quad \cdots (1)$$

【0034】ここで $w_i$ は、各領域が、全画像上にある比率である。また、 $f$ は全てのパラメータ $w_i$ 、まとめて表したものである。

【0035】以下では、この混合確率分布 $P(\theta | Y^*)$ パラメータ $\theta$ の関数と見なして混合尤度と呼ぶ。

【0036】さて、本発明において、輪郭抽出をために、各ピクセルがどの領域に属するかを適切にさる必要がある。そのためには、得られたピクセル分布を最もよく説明する混合尤度を求めればよい。

【0037】具体的には、混合確率を最大にするノータを求めればよい。これは、統計学で最尤法とされる方法である。最尤法においては、次式(2)義される混合対数尤度（尤度関数）を最大化していく。

$$L(\theta | Y^*) = \log[P(\theta | Y^*)] \quad \cdots (2)$$

【0039】しかしながら、例えば領域の属性と均ビクセル値とピクセル値の分散を用いる場合にも領域の混合比率 $w$ 、ピクセルの平均値、分散を各々対して求める必要があり、あらかじめ領域抽出が付いているければ困難である。

【0040】この問題を解決するため、本発明ではピクセルがどの領域に属するかを示す隠れた変数 $Z$ に導入し、この変数の推定値を用いて混合尤度を化する。混合尤度の最大化の過程において、各領域比率 $w$ 、ピクセルの平均値、分散を同時に推定することができる。その原理は以下のようなものである。

【0041】データ $Y^*$ が与えられたもとの混合尤度を、Bayesの公式を用いて変数 $Z$ を含むように書くと、次式(3)で表される。

【0042】

$$L(\theta | Y^*) = Q(\theta, \theta_0) + H(\theta, \theta_0) \quad \cdots (4)$$

※ タとパラメータが与えられたもとの $Z$ の確率分布 $\theta, Y^*$ を掛けて $Z$ に関する期待値をとると、次式となる。

$$Q(\theta, \theta_0) = E[\theta] L(\theta_0, Y^* | Z) \quad \cdots (5)$$

【0046】ここで、

$$H(\theta, \theta_0) = -E[\theta] L(\theta_0, Y^* | Z) \quad \cdots (6)$$

★ ★ 【0047】また、  
 $\sum Z P(Z | \theta, Y^*) L(\theta_0, Y^* | Z) \quad \cdots (6)$   
 【0050】以上に述べたように、直接観測でき、想的なデータ（上の例では $Z$ ）がある場合に、尤度最大化する方法は、従来より統計学の分野でEMアルゴリズムとして知られている。EMアルゴリズムに関しては

(7)

特開2001-929

11

【0051】以上の処理を経て複合体数尤度を最大にするパラメータ $\theta^*$ が得られれば、この $\theta^*$ を用いて求めた $\bar{z}$ の期待値は、各ピクセルが各々の領域に属する領域帰属確率と見なすことができる。

【0052】例えば、 $z(1,1)$ を、1番目のピクセルが1番目の領域に帰属するとき1、それ以外の時0をとる変数であるとした場合、その期待値

$$h(1,1) = E\theta^* z(1,1)$$

は0から1の間にある値をとる領域帰属確率となる。

【0053】本発明では、この領域帰属確率の値に基づいて領域を分離する。

【0054】例えば、画像上で、

- ・脳に対応する領域を領域2、
- ・頭皮に対応する領域を領域1、
- ・それ以外の領域を領域0とすると、脳の領域に属するピクセルは、 $h(1,2)$ の値の大きなピクセルから選べばよい。同様にして頭皮、それ以外の領域はそれぞれ $h(1,1)$ 、 $h(1,0)$ の値が大きなピクセルを選択することによって抽出できる。

【0055】このようにして、本発明においては、領域帰属確率を用いて各領域を明確に分離することができ、分離された各領域の境界のピクセルを輪郭として、自動的に各領域の輪郭抽出を行うことができる。

【0056】

【実施例】次に、本発明の実施例について図面を参照してさらに詳細に説明する。以下の説明において用いる記号は、上記説明で用いた記号の使用法にしたがうものとする。また、以下の実施例では、MR I装置で撮影された人体頭部の断層画像から、脳、頭皮、外部の3つの領域を抽出し、それぞれの輪郭を求める方法を例にとって説明するが、例えば人体頭部の心臓や、その他の臓器の輪郭を抽出する場合においても同様な方法で行うことができる。また、MR I装置以外の機器、例えばCTスキャナ装置や超音波診断装置を用いて撮影された画像に対しても、同様な方法で実行できる。

【0057】図5に示すように、MR I画像は画像各点（以下「ピクセル」という）が持つ輝度によって表現されている。輝度は、通常りから255などの値をとり、ピクセルの値が大きくなるほど画像は白く表示される。輪郭抽出は、この輝度の値を手がかりとし、輝度の値が近いピクセル同じ領域に属するものとして、領域を分離する。以下では、頭部以外の領域を領域0、頭皮を領域1、脳を領域2として説明する。

【0058】また、本実施例では、領域を特徴付けるパラメータとして、各領域に属するピクセルの平均輝度 $\mu$ 、及び分散 $\sigma^2$  ( $i=0,1,2$ )を用いる。以下では、これらの

(7)

12

フローチャートである。

【0060】図1を参照すると、この輪郭抽出装置MR I装置などで撮影された画像データの入力装置から入力し、該入力画像データの特性を解析するデータ解析装置1と、与えられた画像の各ピクセルの値について領域帰属確率を算出する領域帰属確率算出装置2と、評価関数の値が増加あるいは減少するようパラメータを更新するパラメータ更新装置3と、与えた領域パラメータから評価関数を算出する評価関出装置4と、推定された領域帰属確率に基づいて、ピクセルがどの領域に属するかを決定する領域分離装置5と、各領域の境界となるピクセルについて、指定されたピクセルが、指定された領域に属しているかどうかを判定する領域帰属判定装置6と、抽出された領域から順序の並んだ輪郭線を生成する境界抽出装置7と、抽出の対象となる画像を入力する入力装置11と、抽出の結果を出力する出力装置12と、を備えて構成している。

【0061】次に、本発明の第1の実施例の輪郭抽出装置における輪郭抽出の処理について、図1及び図2、図4の流れ図を参照して説明する。

【0062】まず、入力装置11により、MR I装置などで撮影された人体頭部の画像データを入力する（ステップ101）。この入力装置11は、例えば画像スキャナなどを用いて実現できる。あるいは、MR I装置からコンピュータ・ネットワークを通して画像データを直接入力することも可能である。入力装置11は、読み込んだデータをデータ解析装置1へ送る。

【0063】次に、データ解析装置1においては、ステップ101で読み込んだデータに対し、その特性を解析する（ステップ102）。データの特性としては、各ピクセル値の平均や分散などがある。

【0064】データ解析装置1では、これらの特徴について、各領域を特徴付ける領域パラメータの初期値を設定する（ステップ103）。例えば人体頭部のMR I像においては、脳領域が最も高い輝度を持ち、外でも低い輝度で表され、頭皮領域はその中間の輝度を持つ。したがって、例えば、各領域を特徴付ける領域パラメータとして、ピクセル値の平均と分散を取り、 $\mu_0, \mu_1, \mu_2$ 、 $\sigma_0^2, \sigma_1^2, \sigma_2^2$ におけるピクセル値の平均値 $\mu_i$ 、 $\sigma_i^2$  ( $i=0,1,2$ )の初期値を次式（7）で求める。

$$\mu_i = a_i \mu \quad \dots (7)$$

【0066】ここで、 $\mu$ は全ピクセルの平均値、 $a_i$ は係数で、それぞれ、例えば、 $a0=1/6, a1=2/6, a2=3/6$ などとおく。

(8)

特開2001-929

13

部以外の領域)における初期値を小さくとり、それ以外の領域の初期値は、画像全体の分散をそのまま用いても良い。

【0069】各領域の混合比率 $w$ は、分離すべき領域の数が3ならば、すべて $1/3$ として初期化するようにしてもよい。

【0070】次に、領域帰属確率算出装置2において、各ピクセルが各々の領域に属する確率を算出する(ステップ104)。

【0071】領域帰属確率を具体的に求めるには、以下のような方法を用いる。

【0072】もし、 $j$ 番目のピクセルが $i$ 番目の領域に\*

$$h(i, j) = E\theta^* z(i, j)$$

$$= w_i f(y_j | \theta_i) / \sum_i w_i f(y_j | \theta_i) \quad \cdots (9)$$

【0076】次に、パラメータ更新装置3において、混合確率分布が増加するように領域パラメータ $w_i, \theta_i$ を変更する(ステップ105)。

【0077】ここでは、特に、領域の確率分布 $f(y_j | \theta_i)$ が平均 $\mu_i$ 、分散 $\sigma_i^2$ の正規分布にしたがう場合を例にとって説明する。

【0078】前述しように、混合確率を最大化するには、上式(5)で定義されるQを最大にするように、 $w_i, \mu_i, \sigma_i^2$ を更新すればよい。

【0079】具体的には、以下のように各領域パラメータを更新する。

$$[0080] w_i = \sum_i h(i, i) / n \quad \cdots (10)$$

$$[0081] \mu_i = \sum_i x_i h(i, i) / \sum_i h(i, i) \quad \cdots (11)$$

【0082】

$$\sigma_i^2 = \sum_i (x_i - \mu_i)^2 h(i, i) / \sum_i h(i, i) \quad \cdots (12)$$

【0083】パラメータ更新装置3は、更新した領域パラメータを評価関数算出装置4に送る。

【0084】評価関数算出装置4では、パラメータ更新装置3で更新された領域パラメータを用いて、評価関数を算出する(ステップ106)。

【0085】評価関数としては、混合確率分布(1)そのものを用いて良い。この場合、混合分布の値が大きいほど推定結果は良い。評価関数においては、この他にも、ストラクチャル・リスクを用いても良いし、記述長を用いても良い。さらに、赤池の情報量(AIC:Akaike Information Criteria)を用いることもできる。

【0086】これらの評価関数は、混合分布と領域パラメータの数から算出され、混合尤度が大きいほど、また用いられる領域パラメータの数が少ないほど値は小さくなる。

【0087】したがって、これらの評価関数は値が小さいほど推定結果が良いことを表す。これらの評価関数の

14

\* 属するか、属さないかがあらかじめ分かっているれば、上式(1)で定義した混合確率は、次式(1)を与えられる。

【0073】

$$P(\theta | Y) = \sum_i \sum_j z(i, j) w_i f(y_j | \theta_i) \quad \cdots (1)$$

【0074】ここで、 $z(i, j)$ は $j$ 番目のピクセルが $i$ 番目の領域に属するとき1、それ以外の時0となる変数である。この変数は、実際には観測できないため、その値 $h(i, j)$ を求めてこれを領域帰属確率とする。領域確率を具体的に表すと次式(9)で与えられる。

【0075】

$$f(y_j | \theta_i) \quad \cdots (9)$$

た新しい評価関数値と、更新前の領域パラメータを算出されている前回の評価関数値を比較し、それが、予め定められた所定の値より小さければ、ステップ108に進み、それ以外の場合にはステップ104へ、新しい領域パラメータを用いて領域帰属確率を算出する。

【0089】上述のステップ104からステップ108を繰り返すことにより、混合確率分布を最大にするパラメータおよび領域帰属確率を求めることが可能。

【0090】評価関数算出装置4は、混合確率分布最大化が完了した後、得られた領域帰属確率およびパラメータを領域分離装置5に送る。

【0091】領域分離装置5は、領域帰属確率にて、各領域を分離する(ステップ108)。

【0092】領域分離装置5における処理を具体化するため、ここでは、図5に示す人体頭部のMR画像から、脳に対応する領域を抽出する手続きを例にと明するが、その他の領域に関してても、全く同様な手順で処理を実行できる。

【0093】図6に示すように、各ピクセル514あらかじめ番号が付けられているものとする。

【0094】抽出された領域は、この番号の集合として表現される。図6において、黒で反転表示されたセルに囲まれた領域52をRで表すと、ピクセル6を用いて、

40  $R = \{258, 259, 260, 514, 515, 516, 770, 771, 772\}$   
と表現できる。

【0095】領域と領域外部を区切る境界線も同様に、ピクセル番号の集合として表現できる。

【0096】例えば図6において、黒で反転表示されたピクセルの集合52を用いて示される境界線Bは、セルの番号を用いて、

(9)

特開2001-929

15

クセル（515）からなる集合となる。

【0098】脳に対応する領域を領域2と記すと、領域分離装置5では、まず各ピクセルの領域帰属確率 $h(1,2)$ を領域帰属判定装置6へ送る。

【0099】判定対象となっているピクセルに対して、領域帰属判定装置6から脳領域に属していることを示す信号が返されたとき、これを、最初の領域内点 $p$ とする（図3のステップA1）。

【0100】領域帰属判定の方法としては、例えば、 $h(1,2)$ の値が0.9以上である、あるいは、0.1以下でないなどの条件を満たす場合に領域に帰属するものとみなす。実際には、最終的に得られた領域帰属確率は、領域に属さない点の確率値がほとんど0.0であるため、閾値を陽（explicit）に設定する必要はない。

【0101】次に、領域内点 $p$ に対して、その近傍点の集合 $N(p)$ を取得し、これを最初の境界候補集合 $C$ とする（ステップA2）。近傍点 $N(p)$ とは、点 $p$ に近接する点を意味し、例えば、図6において、515番目の点の近傍点 $N(515)$ は、

$$N(515)=\{258, 259, 230, 514, 516, 770, 771, 772\}$$

となる。境界候補集合 $C$ は、脳の輪郭点の候補となる。

【0102】次に、境界候補集合に属する各点（境界候補点） $c$ に対し、その近傍点 $N(c)$ を求める（図3のステップA3）。

【0103】次に、 $N(c)$ に属する全ての点についての領域帰属確率を領域帰属判定装置6に送り、領域内点かどうかを判定する（図3のステップA4）。

【0104】ステップA4において、境界候補点 $c$ の全ての近傍点 $N(c)$ が領域内点であると判定されれば、点 $c$ は領域内点で囲まれていることを意味するから、点 $c$ を領域内点集合 $R$ へ追加する（図3のステップA5）。【0105】もし、境界候補点 $c$ の全ての近傍点 $N(c)$ に、領域内点では無い点が少なくとも1個含まれているのであるならば、 $C$ は領域外の点に隣接することを意味するから、 $c$ を境界点集合 $B$ に追加する（図3のステップA6）。

【0106】次に、 $N(c)$ に属する点のうち、領域内点と判定された点で、まだ領域内点集合 $R$ へ追加されていない新たな領域内点があれば、これらの点を、境界候補集合 $C$ へ追加する（図3のステップA7）。

【0107】図3のステップA8では、境界候補集合への新たな追加点があったかどうかを調べ、新たな追加点があれば、ステップA3に戻り、新たな追加点がなければ、領域抽出は完了しているので、図1のステップ109に進む。

【0108】以上、図3のステップA3からステップA

16

と領域内点集合 $R$ を境界抽出装置7へ送る。

【0110】境界抽出装置7では、領域分離装置6で得られた領域内点集合 $R$ に基づいて、輪郭を抽出する。

【0111】領域分離装置6で得られた境界点集合 $B$ は、各境界点の順序が考慮されておらず、応用上扱いにくい場合がある。例えば抽出された輪郭データにおいて人体頭部のコンピュータ・グラフィクスなどを扱う場合には、順序づけられた多角形の集合を生成しなければならないが、このためには境界点のデータを順序づけられていなければならない。

【0112】境界抽出装置7は、順序づけられた点を生成するために用いられる。

【0113】その具体的な手続きは以下の通りである。境界点集合 $B$ のなかから、例えば4点を選択して順序づけられた境界点集合 $B'$ の初期集合とし、これらの点を $B'=\{b_1, b_2, b_3, b_4\}$ とする（図4のステップ1）。境界点集合の初期集合としては、必ずしも4点ともよく、3点以上の点を指定すればよい。

【0114】また、順序づけの方向としては、例 $B'$ の各点を順番に、 $b_1 \rightarrow b_2 \rightarrow b_3 \rightarrow b_4 \rightarrow b_1$ と動かす。2次元画像上で時計回りの閉曲線を描くようにづけする。順序づけの方向としては、これに限らず時計回りでもよく、全ての境界点集合で方向が統一すればよい。

【0115】次に、 $B'$ のに属する各境界点の間に中間点を追加する（図4のステップB2）。これを、 $\{b_1, b_{12}, b_2, b_{23}, b_3, b_{34}, b_4, b_{41}\}$ と表す。中間点とは、例えば $b_{12}$ の場合、2点 $b_1, b_2$ を結ぶ直線を2等分する点を用いる。

【0116】次に、新しく追加された各中間点（これは $b_{12}, b_{23}, b_{34}, b_{41}$ ）について、その点が境界 $B'$ か調べる（図4のステップB3）。

【0117】もし境界点であれば、そのまま $B'$ に入る点として採用し、ステップB4へ進む。境界点でなければ、図4のステップB5へ進む。

【0118】図4のステップB4では、全ての中間点を境界点として定めた時点で $B'$ に新たな中間点ができるかどうか調べ、追加可能であればステップB5へ進む。追加可能でない場合は、ステップ10へ戻る。輪郭抽出の結果である、順序づけられた境界点集合 $B$ を出力して終了する。追加可能でない場合は、 $B'$ に属する隣り合う点同士全てが互いに隣接しており、中間点が存在しない場合などである。したがって、このことは、全ての境界点が連結していることを意味し、所要の輪郭線が得られていることになる。

【0119】中間点が境界点ではない場合には、今

(10)

特開2001-929

17

て中間点を1ピクセル分だけ移動する(図4のステップB7)。内部方向または外部方向へ中間点を移動した後、再びステップB3へ進み、境界点となっているかどうかを調べる。

【0121】本発明の一実施例において、データ解析装置1と、領域帰属確率算出装置2と、パラメータ更新装置3と、評価関数算出装置4と、領域分離装置5と、領域帰属判定装置6と、境界抽出装置7の各装置は、画像処理装置を構成するコンピュータまたは画像信号処理プロセッサ上で実行されるコンピュータによってその処理機能を実現するようにしてしてもよい。この場合、各処理を制御するプログラムもしくはファームウエアは、上記したフローチャートに従って実現され、該プログラム(ファームウエア)を格納した記録媒体から、該記録媒体の読み出し装置を介して、該プログラムをコンピュータの主記憶装置に読み出して実行することで各装置の機能が実現され、本発明を実施することができる。

【0122】次に本発明の第2の実施例について説明する。なお、本発明の第1の実施例での処理と共通する処理については省略する。図7は、本発明の第2の実施例における輪郭抽出装置の構成を示すブロック図であり、図8は、本発明の第2の実施例における輪郭抽出装置の処理手順を示すフロー・チャートである。

【0123】図7に示す輪郭抽出装置は、図1の輪郭抽出装置に対し、与えられた画像を粗視化するデータ粗視化装置8および、粗視化されたデータを再び細分化するデータ細分化装置9を追加したものである。

【0124】次に、本発明の第2の実施例の輪郭抽出装置の処理について、図8を参照して説明する。

【0125】前記第1の実施例におけるステップ101を実行した後、データ粗視化装置8において、得られた画像を粗視化する。粗視化の具体的な方法は、以下の通りである。

【0126】例えば、 $2 \times 2$ の粗視化とは、図6に示したピクセルにおいて、番号{1,2,257,258}のピクセル値の和を取り、これをピクセルの数4で割って、平均値を求め、これを粗視化されたデータのピクセル番号1の値とする。

【0127】同様にして、番号{3,4,259,260}のピクセル集合を粗視化して、粗視化されたデータのピクセル番号2の値とする。

【0128】この手続きを、互いに重なり合わない $2 \times 2$ の全ピクセル集合について行えば、粗視化された画像データが得られる。粗視化の大きさは $2 \times 2$ に限らず、その他の大きさで行っても同様に実行できることは勿論である。

18

ため、本来の輪郭とは無関係な汚れや細部の凹凸を軽減することができる。データ粗視化装置8は、上の粗視化を行った後、データをデータ解析装置1へ。

【0131】その後、前記第1の実施例におけるステップ102からステップ107を実行し、評価関数の化を完了した後、ステップ112において、粗視化した画像が細分化可能かどうかを調べる。

【0132】例えば最初の粗視化が $16 \times 16$ の7で行われているのであれば、次の粗視化は、例 $\times 8$ で行うようとする。これを繰り返して粗視化のさが $1 \times 1$ になったとき、これ以上の粗視化は実行しないので、ステップ108に進む。粗視化が可能な場合はステップ113に進む。

【0133】ステップ113では、データ細分化装置において、領域帰属確率に基づき、外部領域部分を除し、ステップ114に進む。これによって輪郭抽出となるピクセルはさらに削減され、さらなる処理化が可能となる。

【0134】ステップ114では、削除後に残ったセルを、細分化し、データ解析装置102に送る。

【0135】次に、本発明に係る輪郭抽出装置を通じて、実際のMR1画像から脳に対応する領域の輪郭出し、評価した結果の具体例について説明する。

【0136】図8は、輪郭抽出の対象となるのMRI像データであり、白い部分が脳に対応する領域、黒い部分が頭皮に対応する、周辺の黒い部分が領域である。

【0137】この画像に対し、本発明の方法で、その領域に対する領域帰属確率を求める。その結果を得たものが、図9、図10、図11である。

【0138】ここでは、 $16 \times 16$ の粗視化を行い、領域帰属分布を求めてある。図9は、外部領域に帰属確率分布を示しており、各ピクセルが外部に属する確率が高いほど白く表示されている。同様にして図10は頭皮領域に属する確率、図11は、脳に属する確率分布をそれぞれ示している。これらの図からも明らかのように、領域帰属確率を求めた時点で、粗い領域分離は完了していると言える。

【0139】また、図12は、本発明の方法を適用された、脳の輪郭を示している。もとのMRI像においては、脳以外の領域においても輝度の高いピクセルが存在するが、そのような部分を誤って抽出するなく、正確に脳の輪郭が抽出できていることがわかる。

【発明の効果】以上に説明したように、本発明に

(11)

特開2001-929

29

19

として指出する構成したことにより、領域分類の閾値を陽に設定することなく、自動的に各領域の輪郭を抽出することができるとともに、輪郭領域抽出を高速化する、という効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の第1の実施例の動作を説明するためのフローチャートである。

【図3】本発明の第1の実施例の動作を説明するための 10 フローチャートである。

【図4】本発明の第1の実施例の動作を説明するための フローチャートである。

【図5】MRI装置を用いて撮影された、人体頭部の断層画像である。

【図6】画像データを構成するピクセルの、近傍点を説明する図である。

【図7】本発明の第2の実施例の構成を示すブロック図である。

【図8】本発明の第2の実施例の動作を説明するための 20 フローチャートである。

【図9】頭部の外部領域に属する領域帰属確率を示した\*

\*図である。

【図10】頭皮の領域に属する領域帰属確率を示す 29 図である。

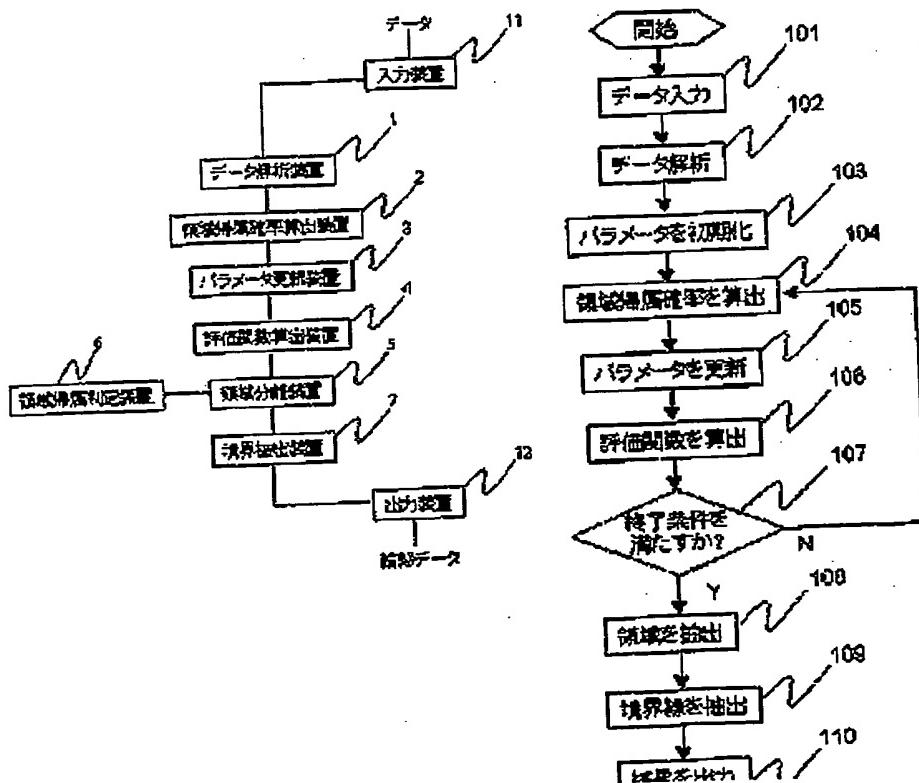
【図11】脳の領域に属する領域帰属確率を示す図である。

【図12】脳の領域を対象として輪郭抽出を行ったを示した図である。

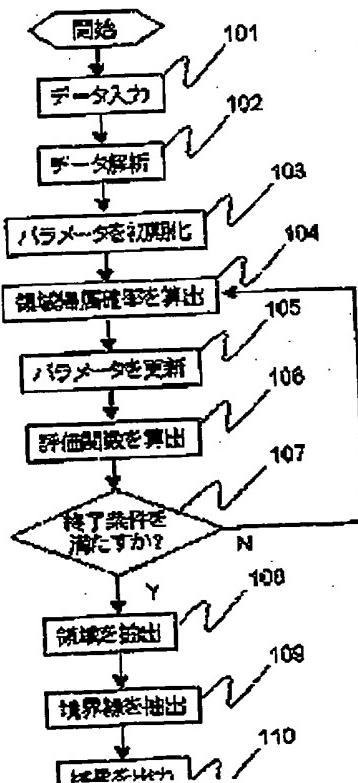
【符号の説明】

- 1 データ解析装置
- 2 領域帰属確率算出装置
- 3 パラメータ更新装置
- 4 評価関数算出装置
- 5 領域分離装置
- 6 領域帰属判定装置
- 7 境界抽出装置
- 8 データ粗視化装置
- 9 データ細分化装置
- 5.1 ピクセル
- 5.2 近傍点
- 101～114 ステップ
- A1～A8 ステップ
- B1～B7 ステップ

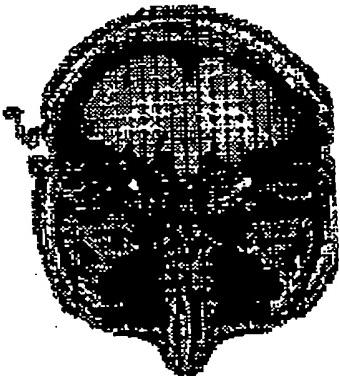
【図1】



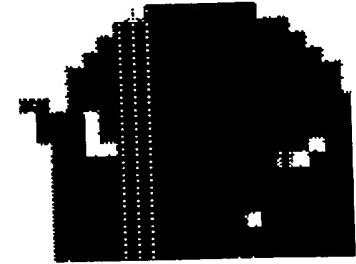
【図2】



【図5】



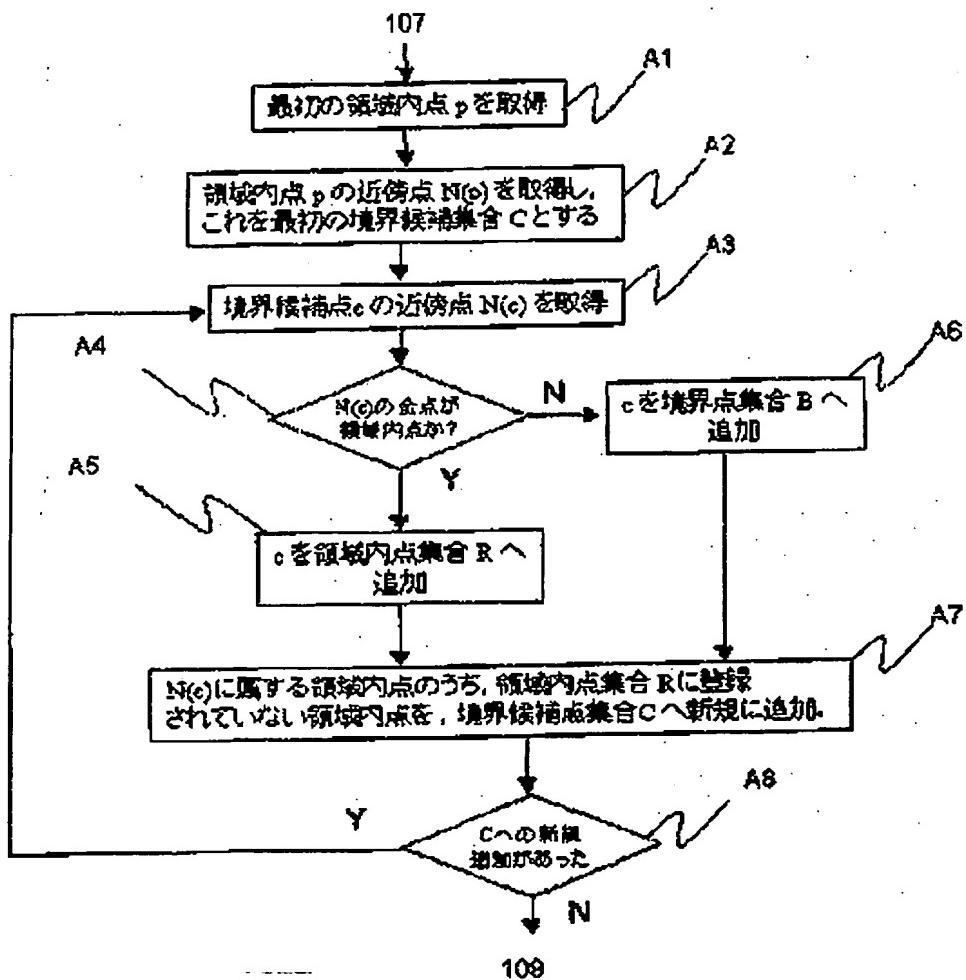
【図9】



(12)

特開2001-929

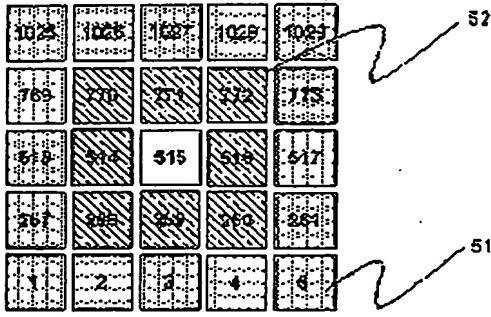
【図3】



【図10】



【図6】



【図11】



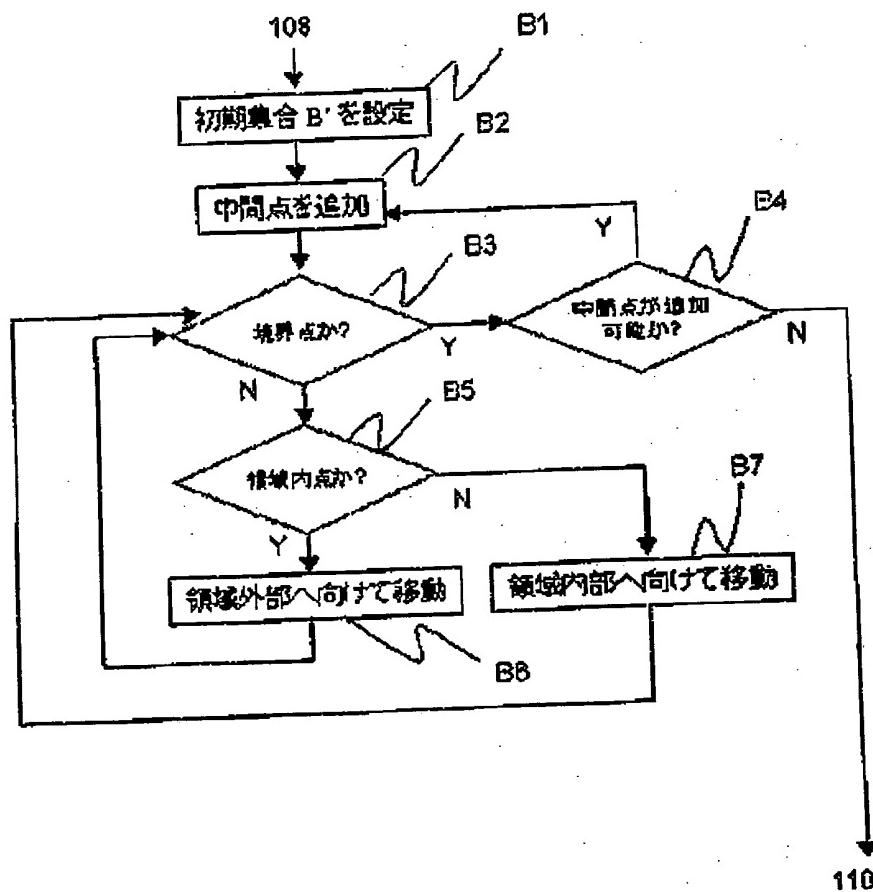
【図12】



特開2001-929

(13)

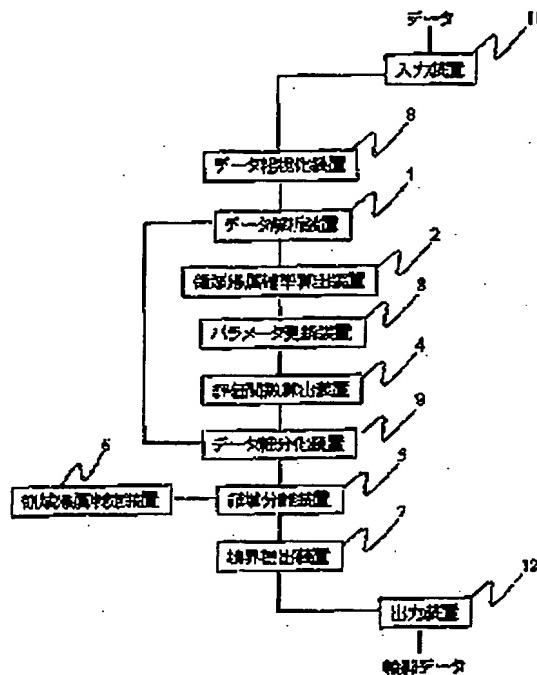
【図4】



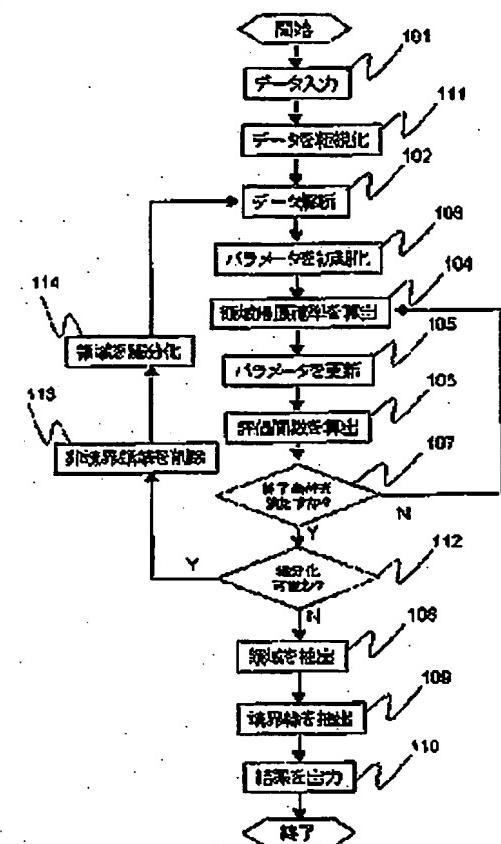
(14)

特開2001-929

【図7】



【図8】



フロントページの続き

(51) Int.CI.

H 04 N 7/18

識別記号

F I

A 61 B 5/05

マークコード(登)

380

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

5 [0001]

[Field of the Invention] Especially this invention relates to a record medium about the image-processing approach and equipment at the approach equipment list which extracts the profile of the target body based on the attribute which each point of an image has to the image data containing the image of the body set as the object of a

10 profile extract.

[0002] This invention relates to the profile extract approach and equipment which apply to the equipment which extracts fields, such as a specific organ and a neoplasm, and are made suitable from the image data photoed with MRI equipment, CAT equipment, etc.

15 so that it may be supposed by next explanation that it is clear.

[0003]

[Description of the Prior Art] From a given image, as an approach for extracting the image of a specific body conventionally to JP,9-299366,A (it is called "a periodical 1")

20 In order to enable the extract of the field of a suitable size using a suitable threshold in an ultrasonic diagnostic equipment or the field extractor which extracts the field of an organ, or the field of an organization based on the image data showing the tomogram for the organ from an MRI image, The time series data which express the area in the extracted profile about two or more tomograms obtained for every predetermined frame

time interval, When difference with the smoothing data which graduated the time series data exceeds a predetermined threshold, the profile extractor which changes the threshold for a profile extract and redid the profile extract is proposed.

- 5 [0004] It is the criterion whether the value of image each point exceeds a threshold to image data in the equipment indicated by the above-mentioned periodical 1 using the 1st predetermined threshold. Or an external point is determined [ next ]. the internal point of a field -- from the image for every time of day It asks for the area or the volume of a field determined by the upper approach, and judges whether the difference of data  
10 before graduating and carrying out smoothness of the time series data of the area of a field or the volume, and the data after smooth exceeds the 2nd threshold.

[0005] When it is judged that this difference exceeded the 2nd threshold, the profile extract which changed the value of the 1st threshold and was performed first is redone.

15

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, there is a trouble as shown below in the conventional profile extract technique indicated by the above-mentioned periodical 1.

20

[0007] Although two different thresholds are used with the equipment indicated by the above-mentioned periodical 1 as the 1st trouble in order to extract a field, it is not shown in the concrete approach for determining these thresholds, and must be determined by the approach trial-and-error whenever the data set as the object of a field

extract change.

[0008] If a place is for example, an MRI image, it depends for whether being that to which the fault image photoed which part of the body, and since a suitable threshold changes, when an unsuitable threshold is used, it has the problem that the profile of the organ for which it is not asking will be extracted accidentally.

[0009] Moreover, since it is necessary to use the time series data of image data, in order to ask for the field extract image of one sheet as the 2nd trouble, it is needing a vast quantity of data.

[0010] It is changing the value of the 1st threshold, repeating the same procedure again, and needing huge computation time in the equipment indicated by the above-mentioned periodical 1 as the 3rd trouble, furthermore, when the difference of data is calculated before and after smoothing and difference's exceeds the 2nd threshold.

[0011] Therefore, this invention is made in view of the trouble mentioned above, the object makes it unnecessary to set up a threshold explicitly like the above-mentioned conventional technique, and it is in offering the profile extract approach and equipment which extract a profile to a high speed and high degree of accuracy.

[0012]

[Means for Solving the Problem] This invention which attains said object separates the field where said each point belongs using the field imputed probability which is a

probability for image each point to belong to each field based on the attribute which not the value of image data itself but each point of said image has to the image data containing the image of the body set as the object of a profile extract, and extracts the boundary between said fields as a profile.

5

[0013] The 1st process which initializes more the parameter which specifies the mixed probability distribution of the attribute to which said image each point has this invention in a detail, The 2nd process which computes the field imputed probability for each point of said image to belong to each of said field, The 3rd process which updates said 10 parameter so that said mixed probability distribution may increase, The 4th process which computes the performance index used as the scale of presumed goodness from said mixed probability distribution specified with said updated parameter, It is characterized by having the 5th process which separates each field based on the value of said field imputed probability, the 6th process which extracts the boundary between said 15 separated fields, and the 7th process image each point judges the field inner point or the field outer point based on said field imputed probability to be.

[0014] The profile extract approach of this invention is characterized by carrying out by repeating said 2nd, 3rd, and 4th processes until predetermined conditions are fulfilled.

20

[0015] In the 5th process from which the profile extract approach of this invention separates said image into each field Ask for the one field inner point, consider this as the initial set of a field inner point set, and the neighborhood-of-a-point point belonging to said field inner point set is acquired. When the point which considers said near point

as the initial set of a boundary candidate set, chooses the point belonging to a field inner point set from each point of said boundary candidate set, adds to a field inner point set, and is newly added to said field inner point set is lost Are the profile extract approach of sending a field inner point set to the 6th process, acquire the near point to each point

- 5 which belongs to a boundary candidate set in case said field inner point set is chosen, and if all points are the field inner points soon If the point belonging to this boundary candidate set is added to a field inner point set and the one or more field outer points are contained in said near point It is characterized by adding the field inner point which adds the point belonging to this boundary candidate set to a boundary point set, and is  
10 not added to a field inner point set among the field inner points belonging to said near point to said boundary candidate set.

[0016] In the 6th process from which the profile extract approach of this invention extracts the boundary between said fields Set up the initial value of the boundary point

- 15 set which was able to be set in order, and the midpoint of each point belonging to said boundary point set which was able to be set in order is added. Make it move until a midpoint turns into the boundary point, and it is characterized by repeating until it becomes impossible to add a new midpoint, and sets to migration of said midpoint. It is characterized by adding to the boundary point set which was able to be set in order  
20 when this midpoint was already the boundary point, moving a midpoint in the direction of the field exterior, if this midpoint is the field inner point, and making it move inside a field, if this midpoint is the field outer point.

[0017] The profile extract approach of this invention is characterized by having the 8th

process which forms said image into rough \*\*, the 9th process which subdivides said image formed into rough \*\*, and the 10th process which deletes the point that the probability belonging to a predetermined field is small.

- 5 [0018] The profile extract approach of this invention is characterized by using said mixed probability distribution as said performance index.

- [0019] The profile extract approach of this invention is characterized by using the SUTORAKUCHURARU risk (Structural Risk) computed from the number of said  
10 mixed probability distributions and said parameters as said performance index.

- [0020] The profile extract approach of this invention is characterized by using the description length computed from the number of said mixed probability distributions and said parameters as said performance index.

15

- [0021] The profile extract approach of this invention is characterized by using the information criterion (AIC) of Akaike computed from the number of said mixed probability distributions and said parameters as said performance index.

- 20 [0022] As opposed to the image data containing the image of the body with which the profile extractor of this invention is set as the object of a profile extract Said each point is classified into two or more fields to which the point belongs based on the attribute which each point of said image has. 1st means to initialize the parameter which specifies the mixed probability distribution of the attribute in which it is the profile

extractor extracted as a profile, and said image each point has a boundary between said fields, 2nd means to compute the expected value of the field imputed probability for each point of said image to belong to each of said field, 3rd means to update said parameter so that said mixed probability distribution may increase, 4th means to 5 compute the performance index used as the scale of presumed goodness from said mixed probability distribution specified with said updated parameter, It is characterized by having 5th means to separate each field based on the value of said field imputed probability, 6th means to extract the boundary between said separated fields, and 7th means by which image each point judges the field inner point or the field outer point 10 based on said field imputed probability.

[0023] The profile extractor of this invention is characterized by having 8th means to form said image into rough \*\*, 9th means to subdivide said image formed into rough \*\*, and 10th means to delete the point that the probability belonging to a predetermined 15 field is small.

#### [0024]

[Embodiment of the Invention] The gestalt of operation of this invention is explained. The profile extract approach of this invention separates the field where said each point 20 belongs using the field imputed probability which is a probability for image each point to belong to each field based on the attribute which each point of said image has to the image data containing the image of the body set as the object of a profile extract, and extracts the boundary between said fields as a profile.

[0025] As opposed to the image data containing the image of the body with which this invention is set as the object of a profile extract Based on the attribute which each point of said image has, the field where said each point belongs is separated. 1st means to initialize the parameter which specifies the mixed probability distribution of the attribute in which it is the profile extractor extracted as a profile, and each point of said image has a boundary between said fields, 2nd means to compute the expected value of the field imputed probability for each point of said image to belong to each of said field, 3rd means to update said parameter so that said mixed probability distribution may increase, 4th means to compute the performance index used as the scale of presumed goodness from said mixed probability distribution specified with said updated parameter, It has 5th means to separate each field based on the value of said field imputed probability, 6th means to extract the boundary between said separated fields, and 7th means by which image each point judges the field inner point or the field outer point based on said field imputed probability.

15

[0026] In this invention, based on the value of each point of an image, the probability belonging to the field to which each point was given is computed, and a profile extract is performed using the probability distribution searched for.

20 [0027] Below, the case where this invention is applied to the approach of classifying into three fields other than a brain, the scalp, and a head from the MRI image of a body head is explained to an example about a principle and an operation of this invention.

[0028] Moreover, below, although the vocabulary "a field extract" may be used instead

of "a profile extract", since it will be obtained if a line is drawn on the boundary of the field where the profile was extracted when the field could be extracted, a synonym is considered and it does not interfere.

- 5 [0029] First, it comes and an image expresses with  $f(y_j|\theta_i)$  a group, then the probability for the value of the brightness of the  $j$ -th point (the point on an image is hereafter called "pixel" (pixel)) to be  $y_j$  on an image to the  $i$ -th field. Here,  $\theta_i$  is a parameter which shows the attribute of the  $i$ -th field, and uses the average of the pixel value belonging to this field, distribution, etc. as an attribute of a field, for example.

10

[0030] However, before the extract of a field is performed, an average or distribution of each field cannot be defined with a natural thing.

- 15 [0031] In this invention, the mixed probability distribution which took the weighted average of the probability of each field is used as probability distribution explaining the pixel value of the given image.

[0032] The mixed probability distribution  $P(\theta|Y_n)$  when all pixel value  $Y_n = \{y_1, \dots, y_n\}$  is given is given by the degree type (1) noting that an image has  $n$  pixels in all.

20

[0033]

$P(\theta|Y_n) = \sum w_i f(y_j|\theta_i) \dots (1)$  [0034]  $w_i$  is a ratio which each field occupies on [ all ] an image here. Moreover,  $\theta$  expresses all the parameters  $w_i$  and  $\theta_i$  collectively.

[0035] Below, it considers that this mixed probability distribution  $P(\theta|Y_n)$  is the function of Parameter theta, and is called mixed likelihood.

- 5 [0036] Now, in this invention, in order to perform a profile extract, it is necessary to divide appropriately to which field each pixel belongs. For that purpose, what is necessary is just to ask for the mixed likelihood which most often explains distribution of the acquired pixel value.
- 10 [0037] What is necessary is just to specifically ask for the parameter which makes a mixed probability max. This is an approach learned for statistics as the maximum likelihood method. mixing defined by the degree type (2) in the maximum likelihood method -- a logarithm -- likelihood (likelihood function) may be maximized.
- 15 [0038]  $L(\theta|Y_n) = \log [P(\theta|Y_n)] - (2)$  [0039] However, when using distribution of an average pixel value and a pixel value, for example as an attribute of a field, it is difficult, if it is necessary to ask for the mixed ratio  $w$  of each field, the average of a pixel, and distribution from each field and the field extract is not performed beforehand.
- 20 [0040] In order to solve this problem, in this invention, the hidden variable  $Z$  which shows to which field each pixel belongs is newly introduced, and mixed likelihood is maximized using the estimate of this variable. In the process of maximization of mixed likelihood, the mixed ratio  $w$  of each field, the average of a pixel, and distribution can be presumed simultaneously. The principle is as follows.

[0041] mixing by the basis to which Data  $Y_n$  were given -- a logarithm -- it is expressed with a degree type (3), when likelihood is rewritten so that Variable  $Z$  may be included using the formula of Bayes.

5

[0042]

$L(\theta|Y_n) = L(\theta, Y_n|Z) - L(Z|\theta, Y_n) + \log [P(Z)/P(Y_n)]$  -- (3) [0043] although  $P(Z)$  and  $P(Y_n)$  are what is called prior distribution of  $Z$  and  $Y_n$ , respectively here -- this amount --  $\theta$  -- not containing -- mixing -- a logarithm -- since maximization of

10 likelihood is unrelated, below, it is regarded as a constant and ignores.

[0044] If initial value of  $\theta$  is set to  $\theta_0$ , the probability distribution  $P$  of  $Z$  in the basis by which data and a parameter were given to both sides ( $Z|\theta, Y_n$ ) is imposed and the expected value about  $z$  is taken now, it will become a degree type (4).

15

[0045]  $L(\theta|Y_n) = Q(\theta, \theta_0) + H(\theta, \theta_0)$  -- (4) [0046] Here  $Q(\theta, \theta_0) = E_{\theta} L(\theta_0, Y_n|Z) = \sigma_Z P(Z|\theta, Y_n) L(\theta_0, Y_n|Z)$  -- (5) is the expected value of  $L(\theta_0, Y_n|Z)$ .

20 [0047] moreover --  $H(\theta, \theta_0) = -E_{\theta} L(Z|\theta_0, Y_n) = -\sigma_Z P(Z|\theta, Y_n) L(Z|\theta_0, Y_n)$  -- (6) is the expected value of  $L(Z|\theta_0, Y_n)$ .

[0048] Being set to  $H(\theta_0, \theta_0) \leq H(\theta, \theta_0)$  can always show this  $H(\theta, \theta_0)$  easily.

[0049] therefore -- if it determines that it is set to  $Q(\theta_0, \theta_0) \leq Q(\theta, \theta_0)$  by new theta -- a mixture -- it can ask for the parameter which makes number likelihood max.

5

[0050] As stated above, when there are imagination data (the upper example Z) which cannot carry out direct observation, the approach of maximizing likelihood is conventionally learned for the statistical field as an EM algorithm. It is related with EM algorithm and is reference A.P.Dempsteret, for example. al. Maximum Likelihood from Incomplete Data via EM Algorithm, Proceedings of the Royal Statistical Society and pp.1-38 (1977).

[0051] pass the above processing -- a mixture -- if parameter  $\theta^*$  which makes number likelihood max is obtained, it can be considered that the expected value of z for which it asked using this  $\theta^*$  is the field imputed probability for each pixel to belong to each field.

[0052] For example, when the j-th pixel belongs  $z(j, i)$  to the i-th field, and when it is 1 and the variable which takes 0 when other, the expected-value  $h(j, i) = E \theta^* z(j, i)$  serves as the field imputed probability to take the value from 0 to 1.

[0053] In this invention, a field is separated based on the value of this field imputed probability.

[0054] For example, what is necessary is just to choose the pixel belonging to a cerebral field from a pixel with the big value of  $h(j, 2)$ , if the field corresponding to a field 2 and the scalp for the field corresponding to - brain is made into a field 1 on an image and the other field is made into a field 0. The scalp and the other field can be similarly extracted  
5 by choosing a pixel with the respectively big value of  $h(j, 1)$  and  $h(j, 0)$ .

[0055] Thus, in this invention, each field can be clearly separated using a field imputed probability, and the profile extract of each field can be automatically performed by making the pixel of the boundary of each separated field into a profile.

10

[0056]

[Example] Next, the example of this invention is further explained to a detail with reference to a drawing. The notation used in the following explanation shall follow the usage of the notation used by the above-mentioned explanation. Moreover, although the  
15 following examples explain taking the case of the approach of extracting a brain, the scalp, and three external fields and asking for each profile from the fault image of the body head photoed with MRI equipment, when extracting the profile of the heart of a body thorax, and other organs, for example, it can carry out by the same approach.  
Moreover, it can perform by the same approach also to the image photoed using the  
20 devices, for example, the CAT equipment, and ultrasonic diagnostic equipments other than MRI equipment.

[0057] The MRI image is expressed by the brightness which image each point (henceforth a "pixel") has as shown in drawing 5. Brightness usually takes values, such

as 0 to 255, and an image is displayed white, so that the value of a pixel becomes large. A hand makes the value of this brightness a loan and a profile extract separates a field as that to which the value of brightness belongs a near pixel to the same field. Below, a field 0 is explained for fields other than a head, and a field 1 and a brain are explained  
5 for the scalp as a field 2.

[0058] Moreover, in this example, average luminance  $\mu_{ui}$  of a pixel and distributed  $\sigma_{ui}^2$  ( $1 \leq i \leq 2$ ) belonging to each field are used as a parameter by which a field is characterized. Below, these parameters are called "field parameter."

10 [0059] Drawing 1 is the block diagram showing the configuration of the profile extractor of the 1st example of this invention. Drawing 2 thru/or drawing 4 are flow charts which show the procedure of the profile extractor of the 1st example of this invention.

15 [0060] The data analysis equipment 1 which will input this profile extractor from the image entry-of-data equipment 11 photoed with MRI equipment etc., and will analyze the property of this input image data if drawing 1 is referred to, The field imputed probability calculation equipment 2 which computes a field imputed probability based on the value of each pixel of the given image, The renewal equipment 3 of a parameter  
20 which updates a field parameter so that the value of a performance index may increase or decrease, The performance-index calculation equipment 4 which computes a performance index from the updated field parameter, The field decollator 5 which determines to which field each pixel belongs based on the presumed field imputed probability, The field imputed judging equipment 6 which judges whether the specified

pixel belongs to the specified field about the pixel used as the boundary of each field, It has the boundary extractor 7 which generates the border line with which sequence reached from the extracted field, the input unit 11 which inputs the image set as the object of a profile extract, and the output unit 12 which outputs the result of a profile extract, and is constituted.

[0061] Next, processing of the profile extract in the profile extractor of the 1st example of this invention is explained with reference to the flow chart of drawing 1 and drawing 2 thru/or drawing 4.

10

[0062] First, the image data of the body head photoed with MRI equipment etc. is inputted with an input device 11 (step 101). This input unit 11 is realizable using for example, an image scanner etc. Or it is also possible to carry out the direct input of the image data through a computer network from MRI equipment etc. An input device 11 sends the read data to data analysis equipment 1.

[0063] Next, in data analysis equipment 1, the property is analyzed to the data read at step 101 (step 102). As a property of data, there are an average, distribution, etc. of a total pixel value, for example.

20

[0064] With data analysis equipment 1, the initial value of the field parameter by which each field is characterized is defined based on these properties (step 103). for example, in the MRI image of a body head, a brain field has the highest brightness and the exterior is expressed with the lowest brightness -- having -- the scalp -- a field has the

middle brightness. As a field parameter by which follows, for example, each field is characterized, an average and distribution of a pixel value are taken and the initial value of average  $\mu_{ui}$  ( $1 \leq i \leq 2$ ) of the pixel value in each fields 0, 1, and 2 is calculated by the degree type (7).

5

[0065]  $\mu_{ui} = a_i \mu_u - (7)$  [0066] Here,  $\mu_u$  is the average of all pixels,  $a_i$  is a weighting factor, and it is  $a_0=1/6$ , respectively.  $a_1=2/6$  It sets with  $a_2=3/6$ , etc.

[0067] By choosing initial value in this way, it is promptly completed by renewal of the  
10 parameter in optimization of a performance index.

[0068] About distributed  $\sigma_{ui}^2$ , the small initial value in a field 0 (fields other than a head) may be taken, and distribution of the whole image may be used for the initial value of the other field as it is, for example.

15

[0069] As long as the number of the fields which should be separated becomes three, you may make it initialize the mixed ratio  $w$  of each field as 1/3 altogether.

[0070] Next, in field imputed probability calculation equipment 2, the probability for  
20 each pixel to belong to each field is computed (step 104).

[0071] The following approaches are used in order to search for a field imputed probability concretely.

[0072] If it turns out beforehand whether the j-th pixel belongs to the i-th field, or it does not belong, the mixed probability which the top type (1) defined will be given by the degree type (8).

5 [0073]

$P(\theta|Y_n) = \text{sigmamaj } z(j, i) w_i f(y_j|\theta_i)$  -- (8) [0074] Here, the j-th pixels of  $z(j, i)$  are a group, then the variable which comes, and is set to 0 when other, 1 and to the i-th field. Since this variable cannot be observed actually, it makes this a field imputed probability in quest of that expected value  $h(j, i)$ . If a field imputed probability is  
10 expressed concretely, it will be given by the degree type (9).

[0075]

$h(j, i) = \theta_i * z(j, i) = w_i f(y_j|\theta_i) / \text{sigmamaj } w_i f(y_j|\theta_i)$  -- (9) [0076] Next, in the renewal equipment 3 of a parameter, the field parameter  $w_i$  and  $\theta_i$  are changed  
15 so that mixed probability distribution may increase (step 105).

[0077] It explains especially here taking the case of the case where the probability distribution  $f$  of a field  $(y_j|\theta_i)$  follows the normal distribution of average  $\mu_i$  and distributed  $\sigma_i^2$ .

20

[0078] What is necessary is just to update  $w$ ,  $\mu$ , and  $\sigma^2$  so that  $Q$  defined by the top type (5) may be made into max in order to maximize a mixed probability for it to mention above.

[0079] Specifically, each field parameter is updated as follows.

[0080]  $w_i = \text{sigmajh}(j, i)/n$  -- (10) [0081]  $\mu_{ij} = \text{sigmajxjh}(j, i)/\text{sigmajh}(j, i)$  -- (11)

[0082]

5     $\sigma_{\mu_{ij}}^2 = \text{sigmaj}(x_j - \mu_{ij})^2 h(j, i)/\text{sigmajh}(j, i)$  -- (12) [0083] The renewal equipment 3  
of a parameter sends the updated field parameter to performance-index calculation  
equipment 4.

10   [0084] With performance-index calculation equipment 4, a performance index is  
computed using the field parameter updated with the renewal equipment 3 of a  
parameter (step 106).

15   [0085] The mixed probability distribution (1) itself may be used as a performance index.  
In this case, a presumed result is so good that the value of mixed distribution is large. In  
a performance index, a SUTORAKUCHURARU risk may be used and description  
length may be used. Furthermore, the amount of information (AIC:Akaike Information  
Criteria) of Akaike can also be used.

20   [0086] These performance indices are computed from the number of mixed distribution  
and field parameters, and a value becomes small, so that mixed likelihood is large, and,  
so that there are few field parameters used.

[0087] Therefore, these performance indices express that a presumed result is so good  
that a value is small. About the concrete method of computing these performance

indices, the publication of Japanese Patent Application No. No. 124851 [ ten to ] is referred to, for example.

[0088] The new performance-index value computed in performance-index calculation equipment 4 using the updated field parameter will be compared with the last performance-index value currently computed using the field parameter before updating, and at step 107, if the difference is smaller than the predetermined value defined beforehand, it progresses to step 108, and in being other, return and a new field parameter will be used for step 104, and it will compute a field imputed probability again.

[0089] By repeating step 107 from the above-mentioned step 104, the field parameter and field imputed probability which make mixed probability distribution max can be searched for.

15

[0090] Performance-index calculation equipment 4 sends the field imputed probability and field parameter which were obtained to the field decollator 5, after maximization of mixed probability distribution is completed.

20 [0091] The field decollator 5 separates each field based on a field imputed probability (step 108).

[0092] Although it explains here from the MRI image of the body head shown in drawing 5 taking the case of the procedure which extracts the field corresponding to a

brain in order to show the processing in the field decollator 5 concretely, processing can be performed in the completely same procedure also about other fields.

[0093] As shown in drawing 6, each pixel 51 shall be numbered beforehand.

5

[0094] The extracted field is expressed by the set of this number. In drawing 6, if the field 52 surrounded by the pixel by which inverse video was carried out black is expressed with R, it can be expressed as  $R = \{258, 259, 260, 514, 515, 516, 770, 771, 772\}$  using the number of a pixel.

10

[0095] The borderline which divides a field and the field exterior can be similarly expressed as a set of a pixel number.

15

[0096] For example, in drawing 6, the borderline B shown using the set 52 of a pixel by which inverse video was carried out black can be expressed as  $B = \{258, 259, 260, 514, 516, 770, 771, 772\}$  using the number of a pixel.

20

[0097] the set R of the internal point of the field surrounded by the borderline at this time (henceforth "a field inner point set") -- 1 -- it becomes the set which consists of this pixel (515).

[0098] If the field corresponding to a brain is described as a field 2, in the field decollator 5, the field imputed probability h of each pixel (j, 2) will be first sent to field imputed judging equipment 6.

[0099] When the signal which shows that it belongs to the brain field from field imputed judging equipment 6 is returned to the pixel used as the object for a judgment, let this be the first field inner point p (step A1 of drawing 3 ).

5

[0100] As the approach of a field imputed judging, when fulfilling conditions, like that the value of  $h(j, 2)$  is 0.9 or more, or it is not 0.1 or less, it is regarded as what belongs to a field, for example. Since the probability value of the point which does not belong to a field is almost 0.0, the field imputed probability acquired eventually actually does not 10 need to set a threshold as a positive (explicit).

[0101] Next, to the field inner point p, the set N of the near point (p) is acquired, and this is considered as the first boundary candidate set C (step A2). Point N (p) will mean the point close to Point p soon, for example, the 515th neighborhood-of-a-point point N 15 (515) will become  $N(515) = \{258, 259, 230, 514, 516, 770, 771, 772\}$  in drawing 6. The boundary candidate set C serves as a candidate of a cerebral profile point.

[0102] Next, the near point N (c) is searched for from each point (boundary candidate point) c belonging to a boundary candidate set (step A3 of drawing 3 ).

20

[0103] Next, it judges whether they are delivery and the field inner point to field imputed judging equipment 6 for the field imputed probability about all the points belonging to N (c) (step A4 of drawing 3 ).

- [0104] In step A4, if judged with all the near points N of the boundary candidate point c (c) being the field inner points, since it means that Point c is surrounded in the field inner point, Point c is added to the field inner point set R (step A5 of drawing 3 ).
- 5 [0105] Since it means that C adjoins the point outside a field supposing at least one point which is not included in all the near points N of the boundary candidate point c (c) in the field inner point, c is added to the boundary point set B (step A6 of drawing 3 ).
- 10 [0106] Next, if there is the new field inner point which is not added to the field inner point set R yet at the point judged among the points belonging to N (c) to be the field inner point, these points will be added to the boundary candidate set C (step A7 of drawing 3 ).
- 15 [0107] At step A8 of drawing 3 , since the field extract will be completed if it investigates whether there was any new another point to a boundary candidate set, and there is new another point, and there are not return and new another point in step A3, it progresses to step 109 of drawing 1 .
- 20 [0108] As mentioned above, the boundary point set B which is a set of a point which expresses a cerebral profile eventually is obtained from step A3 of drawing 3 by repeating step A8 until new another point is lost.
- [0109] The field decollator 6 sends the boundary point set B and the field inner point set

R which were obtained to the boundary extractor 7.

[0110] In the boundary extractor 7, a profile is extracted based on the field inner point set R obtained with the field decollator 6.

5

[0111] The sequence of each boundary point is not taken into consideration, but the application up utilization of the boundary point set B obtained with the field decollator 6 may be hard to be carried out. For example, although the set of the polygon which was able to be set in order must be generated when creating the computer graphics of a body head etc. using the extracted profile data, for that, the data of the boundary point must set in order.

[0112] The boundary extractor 7 is used in order to generate the boundary point which was able to be set in order.

15

[0113] The concrete procedure is as follows. First, four points are chosen from the boundary point sets B, for example. It considers as the initial set of boundary point set B' which was able to set this in order, and these points are made into  $B' = \{b_1, b_2, b_3, b_4\}$  (step B1 of drawing 4). What is necessary is not to be necessarily four points and just to specify three or more points as an initial set of a boundary point set.

[0114] Moreover, as a direction of sequencing, when each point of B' is moved with  $b_1 \rightarrow b_2 \rightarrow b_3 \rightarrow b_4 \rightarrow b_1$  in order, it sets in order, for example so that a clockwise closed contour may be drawn on a two-dimensional image. As a direction of sequencing, not

only this but a counterclockwise rotation is sufficient, and the direction should just be unified by all boundary point sets.

[0115] Next, a midpoint is added between each boundary point belonging to that of  $B'$   
 5 (step B-2 of drawing 4). This is expressed as  $\{b_1, b_{12}, b_2, b_{23}, b_3, b_{34}, b_4, b_{41}\}$ . In  
 the case of  $b_{12}$ , as a midpoint, the point of dividing into two equally the straight line  
 which connects two  $b_1$  and  $b_2$  is used, for example.

[0116] Next, that point investigates whether it is the boundary point about each  
 10 midpoint (in this case,  $b_{12}, b_{23}, b_{34}, b_{41}$ ) added newly (step B3 of drawing 4).

[0117] If it is the boundary point, it will adopt as a point which belongs to  $B'$  as it is,  
 and will progress to step B4. If it is not the boundary point, it will progress to step B5 of  
drawing 4.

15 [0118] In step B4 of drawing 4, when all midpoints become settled as the boundary  
 point, it investigates whether a new midpoint can be added to  $B'$ , and if an addition is  
 possible, it will progress to step B-2. When it cannot add, it progresses to step 110, and  
 boundary point set  $B'$  which it is as a result of a profile extract and which was able to be  
 20 set in order is outputted, and it ends. When it cannot add, it is the case where all the  
 adjacent points belonging to  $B'$  adjoin mutually, and a midpoint does not exist etc.  
 Therefore, it will mean that all the boundary points have connected this, and the desired  
 border line will be obtained.

[0119] When a midpoint is not the boundary point, it investigates whether the field inner point has come, and if it is the field inner point, a midpoint will be moved by 1 pixel towards the direction of the exterior (step B6 of drawing 4 ).

- 5 [0120] If it is not the field inner point, a midpoint will be moved by 1 pixel towards the direction of the interior of a field (step B7 of drawing 4 ). After moving a midpoint in the direction of the interior, or the direction of the exterior, it progresses to step B3 again, and investigates whether it is the boundary point.
- 10 [0121] In one example of this invention, by computer performed on the computer which constitutes an image processing system, or a picture signal processing processor, data analysis equipment 1, field imputed probability calculation equipment 2, the renewal equipment 3 of a parameter, performance-index calculation equipment 4, the field decollator 5, field imputed judging equipment 6, and each equipment of the boundary extractor 7 may carry out its processing and function, as it realizes. in this case, it realizes according to the above-mentioned flow chart, and a record medium to this record medium that stored this program (firmware) carries out reading appearance, the function of each equipment is realized by carrying out reading appearance of this program to the main storage of a computer, and executing it through equipment, and the 15 program or firmware which controls each processing can carry out this invention.
- 20

[0122] Next, the 2nd example of this invention is explained. In addition, it omits about processing in the 1st example of this invention, and common processing. Drawing 7 is the block diagram showing the configuration of the profile extractor in the 2nd example

of this invention, and drawing 8 is a flow chart which shows the procedure of the profile extractor in the 2nd example of this invention.

[0123] The profile extractor shown in drawing 7 adds the data rough \*\*-ized equipment 8 which forms the given image into rough \*\*, and the data fragmentation equipment 9 which subdivides again the data formed into rough \*\* to the profile extractor of drawing 1.

[0124] Next, processing of the profile extractor of the 2nd example of this invention is explained with reference to drawing 8.

[0125] After performing step 101 in said 1st example, the obtained image is formed into rough \*\* in data rough \*\*-ized equipment 8. The concrete approach of the formation of rough \*\* is as follows.

15

[0126] For example, in the pixel indicated to be rough \*\*-ization of 2x2 to drawing 6, the sum of the pixel value of a number {1, 2,257,258} is taken, this is divided by several 4 of a pixel, and an average value is calculated, and let this be the value of the pixel number 1 of the data formed into rough \*\*.

20

[0127] the same -- carrying out -- the pixel set of a number {3, 4,259,260} -- rough -- it \*\*-izes and considers as the value of the pixel number 2 of the data formed into rough \*\*.

[0128] If this procedure is performed about all pixel sets of 2x2 which does not overlap mutually, the image data formed into rough \*\* will be obtained. Even if it performs magnitude of the formation of rough \*\* in the magnitude of not only 2x2 but others, it is natural. [ of the ability to perform similarly ]

- 5 [0129] In the procedure of this formation of rough \*\*, the number of the pixels set as the object of analysis is set to one fourth, and can shorten the processing time of a profile extract.

10 [0130] Moreover, since an image is graduated by rough \*\*-ization, the effect of the irregularity of dirt unrelated to an original profile or details is mitigable. Data rough \*\*-ized equipment 8 sends data to data analysis equipment 1, after performing rough \*\*-ization of data.

15 [0131] Then, after performing step 107 from step 102 in said 1st example and completing optimization of a performance index, in step 112, it investigates whether the image formed into rough \*\* is subdivisible.

20 [0132] For example, if the first rough \*\*-ization is performed in the magnitude of 16x16, it will be made to perform next rough \*\*-ization by 8x8. Since rough \*\*-ization beyond this cannot be performed when this is repeated and the magnitude of the formation of rough \*\* is set to 1x1, it progresses to step 108. If the formation of rough \*\* is possible, it will progress to step 113.

[0133] In data fragmentation equipment 9, based on a field imputed probability, an

external field part is deleted and it progresses to step 114 at step 113. It is further reduced by this and the pixel set as the object of a profile extract becomes accelerable [ the further processing ] by it.

- 5 [0134] At step 114, it subdivides and the pixel which remained after deletion is sent to data analysis equipment 102.

- [0135] Next, using the profile extractor concerning this invention, the profile of the field corresponding to a brain is extracted from a actual MRI image, and the example of the 10 evaluated result is explained.

[0136] Drawing 8 is setting-as object of profile extract MRI image data, and the black part of the circumference corresponding to the scalp in the field corresponding to a brain in a white part and the white field surrounding it is an external field.

- 15 [0137] Showing [ from this image, are the approach of this invention, searched for the field imputed probability over each field, and / that result ] things are drawing 9 , drawing 10 , and drawing 11 .

- 20 [0138] Here, rough \*\*-ization of 16x16 is performed and field imputed distribution is searched for. Drawing 9 shows the probability distribution which belongs to an external field, and is displayed so white that the probability for each pixel to belong outside is high. the same -- carrying out -- drawing 10 -- the scalp -- the probability belonging to a field and drawing 11 show distribution of the probability belonging to a brain,

respectively. When a field imputed probability is searched for so that clearly also from these drawings, it can be said that coarse field separation is completed mostly.

[0139] Moreover, drawing 12 shows the cerebral profile extracted with the application 5 of the approach of this invention. In the MRI image of a basis, although a pixel with high brightness exists also in fields other than a brain, it turns out that the cerebral profile can be extracted to accuracy, without extracting such a part accidentally.

[0140]

10 [Effect of the Invention] As opposed to the image data which contains the image of the body set as the object of a profile extract according to this invention as explained above By [ which separate the field where said each point belongs using the field imputed probability which is a probability for image each point to belong to each field based on the attribute which each point of said image has, and extracts the boundary between said 15 fields as a profile ] having constituted While being able to extract the profile of each field automatically, without setting up the threshold of a field classification explicitly, the effectiveness of accelerating a profile field extract is done so.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

- 5 [Claim 1] It is based on the attribute which each point of said image has to the image data containing the image of the body set as the object of a profile extract. The 1st process which initializes the parameter which specifies the mixed probability distribution of the attribute which is the profile extract approach of separating the field where each point of said image belongs, and extracting the boundary between said fields as a profile, and each point of the (a) aforementioned image has, (b) The 2nd process which computes the field imputed probability for each point of said image to belong to each of said field, (c) The 3rd process which updates said parameter so that said mixed probability distribution may increase, (d) The 4th process which computes the performance index which serves as a scale of presumed goodness from said mixed probability distribution specified with said updated parameter, (e) The 5th process which separates each field where each point of said image belongs based on the value of said field imputed probability, (f) The profile extract approach characterized by what the 6th process which extracts the boundary between said separated fields, and the 7th process which judges whether each point of said image is the field inner point of the called-for field or it is the field outer point based on the (g) aforementioned field imputed probability are included for.
- 10
- 15
- 20

[Claim 2] The profile extract approach according to claim 1 characterized by what is performed by repeating said 2nd [ the ], the 3rd, and the 4th process of a call until the

predetermined conditions defined beforehand are fulfilled.

[Claim 3] It asks for the one (e-1) field inner point in the 5th process which separates each field where each point of said image belongs. Consider this as the initial set of a  
5 field inner point set, and the neighborhood-of-a-point point belonging to said (e-2) field inner point set is acquired. When the point which considers said near point as the initial set of a boundary candidate set, chooses the point belonging to a field inner point set from each point of said (e-3) boundary candidate set, adds to a field inner point set, and is newly added to said (e-4) field inner point set is lost Acquire the near point to each  
10 point which belongs said field inner point set to said boundary candidate set in case delivery and said (e-5) field inner point set are chosen to said 6th process, and if said all near points are the field inner points If the point belonging to said boundary candidate set is added to a field inner point set and at least one field outer point is contained in said (e-6) near point The profile extract approach according to claim 1 characterized by  
15 what the field inner point which adds the point belonging to this boundary candidate set to a boundary point set, and is not added to a field inner point set among the field inner points belonging to said (e-8) near point is added for to said boundary candidate set.

---

[Claim 4] In the 6th process which extracts the boundary between said fields, the initial  
20 value of the boundary point set which was able to be set in order (f-1) is set up. Add the midpoint of each point belonging to said boundary point set which was able to be set in order, make it move until said (f-3) midpoint turns into the boundary point, and it sets to migration of said (f-4) midpoint repeatedly until it becomes impossible to add new  
\*\*\*\*\*. (f-2) The profile extract approach according to claim 2 or 3 characterized by

what it adds to the boundary point set which was able to be set in order when this midpoint was already the boundary point, a midpoint will be moved in the direction of the field exterior if this midpoint is the field inner point, and will be made to move inside a field if this midpoint is the field outer point.

5

[Claim 5] The profile extract approach according to claim 2 to 4 characterized by having further the 8th process which forms said image into rough \*\*, the 9th process which subdivides said image formed into rough \*\*, and the 10th process which deletes the point that the probability belonging to a predetermined field is small.

10

[Claim 6] The profile extract approach characterized by using said mixed probability distribution as said performance index of given [ any 1 ] in claim 1 \*\*\*\* 5.

15

[Claim 7] The profile extract approach given in any 1 of claim 1 \*\*\*\* 5 characterized by using the SUTORAKUCHURARU risk (Structural Risk) computed from the number of said mixed probability distributions and said parameters as said performance index.

20

[Claim 8] The profile extract approach given in any 1 of claim 1 \*\*\*\* 5 characterized by using the description length computed from the number of said mixed probability distributions and said parameters as said performance index.

[Claim 9] The profile extract approach given in any 1 of claim 1 \*\*\*\* 5 characterized by using the information criterion (AIC) of Akaike computed from the number of said mixed probability distributions and said parameters as said performance index.

[Claim 10] It is based on the attribute which each point of said image has to the image data containing the image of the body set as the object of a profile extract. 1st means to initialize the parameter which specifies the mixed probability distribution of the

5 attribute which is the profile extractor which separates the field where said each point belongs, and extracts the boundary between said fields as a profile, and each point of said image has, 2nd means to compute the expected value of the field imputed probability for each point of said image to belong to each of said field, 3rd means to update said parameter so that said mixed probability distribution may increase, 4th

10 means to compute the performance index used as the scale of presumed goodness from said mixed probability distribution specified with said updated parameter, The profile extractor characterized by having 5th means to separate each field based on the value of said field imputed probability, 6th means to extract the boundary between said separated fields, and 7th means by which image each point judges the field inner point or the field

15 outer point based on said field imputed probability.

[Claim 11] The profile extractor according to claim 10 characterized by having 8th means to form said image into rough \*\*, 9th means to subdivide said image formed into rough \*\*, and 10th means to delete the point that the probability belonging to a

20 predetermined field is small.

[Claim 12] The field profile extract approach characterized by what the image data containing the image of the body set as the object of a profile extract inputs from an input means, the field imputed probability which is a probability for each point of said

image to belong to each field computes based on the attribute which each point of said image has, the field where said image each point belongs using this field imputed probability separates, and the boundary between said fields extracts for as a profile.

- 5 [Claim 13] (a) As opposed to the image data containing the image of the body set as the object of a profile extract inputted from the input means The step which computes the expected value of the field imputed probability for each point of an image to belong to each of a field, based on the attribute which each point of an image has, (b) The step which updates the parameter which specifies the mixed probability distribution of the 10 attribute which each point of an image has, (c) The step which computes a performance index based on the mixed probability distribution searched for from said field imputed probability and said parameter, (d) The field profile extract approach which separates each field based on said field imputed probability, and is characterized by what the step which extracts a profile based on the this separated field is included for when said 15 performance index fulfills predetermined conditions.

[Claim 14] The data analysis equipment which defines the initial value of the field parameter by which analyzes the property of the image data inputted from the input device, and each field of an image is characterized, The field imputed probability 20 calculation equipment which computes the probability (it is called a "field imputed probability") for each point of an image to belong to each field, based on the value of each point of an image, The renewal equipment of a parameter which updates said field parameter so that the value of a performance index may increase according to the performance index to be used or it may decrease, The performance-index calculation

equipment which computes a performance index from the updated field parameter, The field decollator which determines to which field each point of an image belongs based on the presumed field imputed probability when fulfilling the predetermined terminating condition as which said performance index was determined beforehand, The field  
5 imputed judging equipment which judges whether the specified point belongs to the specified field about the point of the image used as the boundary of each field, The profile extractor which is equipped with the boundary extractor which generates the border line to which sequence was attached from the extracted field, and the output unit which outputs the result of a profile extract, and is characterized by things.

10

[Claim 15] When it is beyond the predetermined value as which the difference of the value of the performance index computed in said performance-index calculation equipment and the value of the last performance index computed using the field parameter before updating was determined beforehand, it sets to said field imputed  
15 probability calculation equipment. A field imputed probability is again computed using a new field parameter. Renewal of the field parameter in said renewal equipment of a parameter, The performance index in said performance-index calculation equipment is computed. Said difference rather than said predetermined value In the case of smallness The field parameter and field imputed probability which make max mixed probability  
20 distribution which took the weighted average of the probability in each field of the value which each point of said image has are searched for. Said performance-index calculation equipment The profile extractor according to claim 14 characterized by what the field imputed probability and field parameter which were obtained are sent for to said field decollator after maximization of said mixed probability distribution is

completed.

[Claim 16] A means by which said field decollator asks for the first field inner point, acquires the near point of said field inner point, and makes said near point the first  
5 boundary candidate point-set, When a means to acquire said boundary candidate neighborhood-of-a-point point, and all the points of said near point are the field inner points, A means to add said boundary candidate point to the field inner point set R, and to, add said boundary candidate point to a boundary point set on the other hand when all  
10 the points of said near point are not the field inner points, A means to add the field inner point which is not registered into a field inner point set among the field inner points belonging to said boundary candidate neighborhood-of-a-point point to said boundary candidate point-set, The profile extractor according to claim 14 characterized by what processing is repeated for from a means to acquire said boundary candidate neighborhood-of-a-point point when the addition to a preparation and said boundary  
15 candidate point-set is.

[Claim 17] The means which said boundary extractor considers as the initial set of the boundary point set which chose the point of the predetermined number from said boundary point sets, and was able to set this in order, If a means to add a midpoint between each boundary point belonging to said boundary point set which was able to be set in order, a means to investigate whether this midpoint is the boundary point about said each midpoint added newly, and said midpoint are the boundary points it adopting as a point belonging to said boundary point set which was able to be set in order, and investigating whether when all midpoints become settled as the boundary point, it is

alike, and a new midpoint can be added, and, if an addition is possible A means to add said midpoint is processed. When it cannot add A means to output the boundary point set which it is as a result of a profile extract and which was able to be set in order, and when said midpoint is not the boundary point Investigate whether the field inner point  
5 has come, when it is the field inner point, move a midpoint towards the direction of the exterior, and on the other hand, if it is not the field inner point The profile extractor according to claim 14 characterized by what it had the means to which a midpoint is moved towards the direction of the interior of a field, and a means to investigate whether the point is the boundary point about said midpoint after moving a midpoint in  
10 the direction of the interior of a field, or the direction of the exterior for.

[Claim 18] [ when the performance index which was equipped with the data rough \*\*-  
15 ized equipment which forms into rough \*\* the image data inputted from said input device, and is outputted to said data analysis equipment, and was computed with said performance-index calculation equipment fulfills a predetermined terminating condition ] The profile extractor according to claim 14 characterized by having data fragmentation equipment which deletes an external field part based on a field imputed probability, subdivides the point of the image which remained after deletion, and is sent to said data analysis equipment when it can subdivide.

20

[Claim 19] (a) The data analysis processing which defines the initial value of the field parameter by which analyzes the property from the image data inputted from the input device, and each field of an image is characterized, (b) Field imputed probability calculation processing which computes the probability (it is called a "field imputed

probability") for each point of an image to belong to each field, based on the value of each point of an image, (c) The parameter update process which updates said field parameter so that the value of a performance index may increase according to the performance index to be used or it may decrease, (c) Performance-index calculation processing which computes a performance index from the updated field parameter, (d) Field separation processing in which it is determined to which field each point of an image belongs based on the presumed field imputed probability when said performance index fulfills a predetermined terminating condition, (f) Field imputed judging processing in which it judges whether the specified point belongs to the specified field about the point of the image used as the boundary of each field, (g) Record medium which recorded the program for performing each processing of the above (a) of boundary extract processing and \*\* thru/or (g) which generates the border line to which sequence was attached from the extracted field by computer.